



**Universidad
Popular del Cesar**

*DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA*



*Ingeniería
Ambiental y Sanitaria*

**EVALUACIÓN DE LA SEMILLA DE TAMARINDO Y EL ALMIDÓN DE PAPA
COMO COAGULANTES NATURALES PARA LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ EN
EL RÍO SIMITÍ EN EL CORREGIMIENTO DE SAN ROQUE CESAR.**

AUTORES

MARIA JOSE ZABALETA LEYVA
LAURA CRISTINA LENGUA VILLAZON

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR

2023



**Universidad
Popular del Cesar**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA



Ingeniería
Ambiental y Sanitaria

**EVALUACIÓN DE LA SEMILLA DE TAMARINDO Y EL ALMIDÓN DE PAPA
COMO COAGULANTES NATURALES PARA LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ EN
EL RÍO SIMITÍ EN EL CORREGIMIENTO DE SAN ROQUE CESAR.**

AUTORES

MARIA JOSE ZABALETA LEYVA
LAURA CRISTINA LENGUA VILLAZON

DIRECTORA

LORENA SIERRA CUELLO
Magister en ciencias ambientales

CODIRECTOR DEL PROYECTO

SERGIO MENDOZA TAFUR

ASESOR DE PROYECTO

JAIME LUIS ARIZA RESTREPO

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR

2023



Dedicatoria

Dedico mi proyecto de grado a mi madre; Eida Leyva Blanco y padre; Carlos Adolfo Zabaleta Zuleta que se esforzaron para que yo siguiera adelante en mis estudios y darme la fuerza para seguir adelante.

A mis hermanos por acompañarme en este camino largo, pero productivo.

Y a mis tíos y primos por su apoyo.

Y a mi grandísima compañera de grado.

María José Zabaleta Leyva

Este proyecto va dedicado principalmente a mi mamá, Evarista Villazón que ha sabido formarme con buenos hábitos y valores, los cuales me han ayudado a seguir adelante en el desarrollo de esta investigación y de mi vida.

También se lo dedico a mis compañeros Nicolás Gutiérrez y María José Zabaleta, quienes me han ayudado en este proceso y me animaron a no darme por vencida en los momentos difíciles.

Laura Cristina Lengua Villazón



Agradecimiento

Primeramente, le agradezco a Dios por guiarme en el camino del aprendizaje, por las bendiciones recibidas y por a ver puesto en mi camino académico a maravillosas personas, con las cuales me formé y me ayudaron a seguir adelante.



Resumen

En el siguiente proyecto se menciona la importancia de garantizar la calidad del agua para el consumo de una población, en este caso, el agua cruda del Río Simiti en el corregimiento de San Roque, la cual es captada sin ningún tipo de tratamiento, por ende, ha generado enfermedades e inconformidad por la contaminación debido al material de arrastre en esta quebrada. Por esta razón se propone como una alternativa a la problemática, los coagulantes naturales en el proceso de potabilización del agua en lugar de los químicos, los cuales son menos accesibles debido a su costo.

Para llevar a cabo esta problemática, presentada en varias comunidades o pueblos que no tienen los insumos o apoyo suficiente del gobierno para la tratar el agua que se toman, en respuesta a esto se desarrollan diferentes coagulantes naturales que pueden ser utilizados, como son el almidón de papa y la semilla de tamarindo.

Por lo tanto, el presente documento demuestra la eficiencia de remoción de estos dos grandes coagulantes fáciles de obtener. Se requirió de diferentes equipos para llegar a la anhelada respuesta, en el documento se presentarán variedades de resultados ya que se manejaron dos temporadas la de sequía y lluvia donde se obtuvieron 75 % aproximadamente para las temporadas de lluvia para ambos coagulantes, por otra parte, en la temporada de sequía alcanzaron 50% el de semilla de tamarindo, mientras el almidón de papa logro remoción de turbidez de 65% aproximadamente.

Palabras clave: calidad del agua, coagulantes naturales, almidón de papa, semilla de tamarindo.

Abstract

The following project mentions the importance of guaranteeing the quality of water for the consumption of a population, in this case, the raw water of the Simiti River in the district of San Roque, which is captured without any type of treatment, therefore, has generated illnesses and discontent due to pollution due to the material carried in this stream. For this reason, natural coagulants are proposed as an alternative to the problem in the water purification process instead of chemicals, which are less accessible due to their cost.

To carry out this problem, presented in several communities or towns that do not have sufficient inputs or support from the government to treat the water they drink, in response to this, different natural coagulants are developed that can be used, such as starch. potato and tamarind seed.

Therefore, the present document demonstrates the removal efficiency of these two large, easy-to-obtain coagulants. Different equipment was required to reach the desired response. The document will present varieties of results since two seasons, drought and rain, were managed, where approximately 75% were obtained for the rainy seasons for both coagulants. On the other hand, In the dry season, tamarind seed reached 50%, while potato starch achieved approximately 65% turbidity removal.

Keywords: water quality, natural coagulants, potato starch, tamarind seed.



Tabla de contenido

Introducción.....	3
1. Planteamiento del Problema	4
1.1. Formulación del problema	5
2. Justificación	6
3. Objetivos.....	7
3.1. Objetivo General.....	7
3.2. Objetivos Específicos.....	7
4. Marco Referencial.....	8
4.1. Antecedentes de la investigación.....	8
4.2. Marco Teórico	11
4.2.1. <i>El Agua</i>	11
4.2.2. <i>Propiedades Físicas y Químicas del Agua</i>	12
4.2.3. <i>Importancia del Agua</i>	13
4.2.4. <i>Funciones del Agua</i>	13
4.2.5. <i>Tratamiento del Agua</i>	14
4.2.6. <i>Coagulantes Naturales</i>	14
4.3. Marco Conceptual.....	15
4.4. Marco Contextual	16
4.5. Marco Legal	18
5. Marco Metodológico	20
5.1. Línea de Investigación y Sublíneas	20
5.2. Tipo de Investigación.....	20
5.3. Nivel de Investigación	20
5.4. Población.....	21
5.5. Muestra.....	21
5.6. Etapas Metodológicas	21
6. Análisis de Resultados.....	28
6.1. Caracterizar los parámetros fisicoquímicos como el PH, el color, turbidez, y alcalinidad del río Simití.....	28
6.1.1. <i>Toma de la muestra</i>	28
6.1.2 <i>Caracterización de los parámetros fisicoquímicos</i>	29
Tabla 4.....	¡Error! Marcador no definido.
6.2 Determinar la dosis óptima del almidón de papa y de la semilla de tamarindo en los laboratorios de la Universidad Popular del Cesar	32
6.2.1. <i>Desarrollar la extracción de los dos tipos de coagulantes</i>	32
6.2.2 <i>Ensayo de la prueba de jarras para la obtención de la dosis optima</i>	34
6.2.3 <i>Análisis de los parámetros fisicoquímicos con la normativa vigente</i>	36
6.3 Establecer la eficiencia de la remoción de los coagulantes en estudio en el proceso de coagulación.....	39
6.3.1 <i>Calcular los porcentajes de turbidez de cada coagulante a evaluar</i>	39
6.3.3 <i>Diseño experimental</i>	44
7. Conclusiones.....	46
8. Recomendaciones.....	47
Referencias Bibliográficas.....	48
Anexos.....	52



Índice de Figuras

Figura 1. Localización de Curumaní en el Cesar	16
Figura 2. Ubicación geográfica de Curumani-Cesar.....	17
Figura 3. Ubicación geográfica de San Roque-Cesar	17
Figura 4. Toma de muestra en el Rio Simi, San Roque Cesar	28
Figura 5. Coagulante de almidón de papa	33
Figura 6. Coagulante de semilla de tamarindo	33
Figura 7. Remoción de turbidez en temporada de sequia.....	41
Figura 8. Remoción de turbidez en temporada de lluvia.....	42

Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Legislación colombiana</i>	18
Tabla 2. <i>Métodos y procedimientos para la caracterización de los parámetros fisicoquímicos</i>	22
Tabla 3. <i>Normativa-resolución 2115 de 2007</i>	26
Tabla 4. Resultados de la caracterización de DBO5.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Muestra iniciales temporada de sequía	32
Tabla 6. Muestra iniciales temporada de lluvia	32
Tabla 7. Registro comparativo de muestra por temporada de sequía según la normativa	36
Tabla 8. Registro comparativo de muestra por temporada de lluvia según la normativa	38
Tabla 9. Remoción de turbidez en temporada de lluvia	39
Tabla 10. Remoción de turbidez en temporada de sequía	40
Tabla 11. Representa el diseño experimental efectuado ANOVA	44
Tabla 12. Desviación estándar	45

Índice de Anexos

Anexo A. <i>Registro de los procedimiento en el laboratorio</i>	52
Anexo B. <i>Memoria de tomas de muestra</i>	54

Introducción

El agua es un bien natural esencial para la vida en el planeta y para la supervivencia de la sociedad humana (Mendoza, 2015). Pero esta se ha visto afectada por diferentes fuentes de contaminación, de las cuales el hombre es el mayor responsable, por consecuencia de la sobre explotación de los recursos y la utilización de químicos en diferentes actividades para satisfacer sus necesidades, por consiguiente, el ser humano no solo termina siendo el mayor responsable, sino que además es el mayor afectado, ya que la contaminación del agua repercute en su salud, por ende, su calidad de vida.

En vista de esta situación el hombre ha empezado a darle más importancia a garantizar la calidad del agua para el consumo humano así pues logra el desarrollo de diferentes procesos que permitan la potabilización del agua cruda entre los cuales destaca la coagulación, el cual puede ser definido como un proceso de adición de sustancias químicas y la provisión de mezcla, las partículas y algunos contaminantes disueltos se agrupan en partículas más grandes que se puedan retirar mediante procesos de remoción de sólidos (Quispe, Reynoso, & Pacheco 2018).

En el proceso de adición de coagulantes químicos representa una desventaja para las poblaciones pequeñas debido sus altos costos de adquisición, por lo tanto, un coagulante natural sería más accesible, así mismo al ser de origen natural son biodegradables, de bajo costo, son de fuentes abundantes, y amigables con el medio ambiente (Asrafuzzaman, 2011).

El 31 de diciembre de 2020, El Pílon lanzó un comunicado sobre protestas en Curumaní por licencia ambiental que permite extraer material de arrastre de la quebrada Simití, decenas de habitantes del corregimiento de San Roque, jurisdicción de Curumaní, bloquearon la vía de la carretera central exigiendo la suspensión de las actividades que se realizaban en la zona rural del corregimiento, cerca de la quebrada Simití. Los habitantes del corregimiento están preocupados porque al presentarse actividad minera cerca de la quebrada, esta se contamina y esto puede traer enfermedades a la población (El Pílon, 2020).

Por esta razón es de vital importancia tratar el agua cruda de la quebrada Simití, la población de San Roque puede ser beneficiada con la realización de este estudio ya que se aportará un posible tratamiento de agua potable con coagulantes naturales.

Esta investigación se llevará a cabo en 4 fases metodológicas englobadas en los siguientes objetivos, caracterizar los parámetros fisicoquímicos como el PH, alcalinidad, color y turbidez del agua a tratar en el corregimiento de San Roque Cesar, determinar la dosis óptima del almidón de papa y de la semilla de tamarindo y, por último, analizar la eficiencia de la remoción de los coagulantes en estudio en el proceso de coagulación.

1. Planteamiento del Problema

En la actualidad la contaminación hídrica ha aumentado, según los informes de los programas de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), lo cual representa un riesgo para la salud humana, debido a que, en la mayoría de afluentes, se suelen encontrar componentes derivados de los detergentes, fertilizantes y agentes patógenos, productos de las actividades aledañas a la zona. Por ende, las diferentes características del agua cruda generan una serie de enfermedades como: la diarrea, hepatitis y otras infecciones consecuencia del consumo del agua sin un tratamiento previo. (Olivero, caballero, & palacios, 2018), las cuales, a largo plazo, produce consecuencias degenerativas del sistema nervioso, tales como Alzheimer, síndrome de demencia y disminución de las capacidades motoras y metal (Okuda, 2001).

La Seguridad Hídrica en Colombia es tema de preocupación creciente debido a la disponibilidad de este recurso vital y cómo gestionarlo, así como por consideraciones ambientales, socioeconómicas y relacionadas con el cambio climático. Los recursos hídricos se encuentran en situación de estrés por el sector de la agricultura, responsable, aproximadamente, del 70% total de las extracciones de agua dulce en el mundo, dicho en los informes de La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011). A su vez los problemas del suministro de agua afectan a un subconjunto de zonas áridas y semiáridas, la degradación progresiva de la calidad del agua socava la integridad ecológica y los mismos ecosistemas de los que depende la población de la región. (Bretas, Casanova, Crisman., Embid, Martin, & Miralles, 2020)

Esta situación se viene presentando en el corregimiento de San Roque, en el cual pasa el río Simití que abastece a la población aledaña, sin embargo, este no cuenta con una infraestructura para la potabilización del agua, en la zona las personas se ven obligadas a captar el agua y darle uso primordialmente para su aseo personal, en casos extremos la usarían para consumo humano, con métodos caseros, como ebullición del solvente, el cual ayuda a su desinfección, pero no garantiza su consumo, consecuentemente se presenta desinformación respecto a los coagulantes químicos, además de su elevado costo.

Por consiguiente, una posible solución a la problemática son las semillas de tamarindo y almidón de papa, los cuales son conocidos por sus características clarificantes, permiten un tratamiento seguro y de bajo costo para la población.



1.1. Formulación del problema

¿Cuál sería la eficiencia de los coagulantes naturales para la remoción de la turbidez del agua cruda en el corregimiento de San Roque?

2. Justificación

El proceso de coagulación es de gran importancia para la remoción de la turbidez en el agua cruda. Esta técnica de clarificación y purificación del agua por medio de la adición de coagulantes se ha vuelto fundamental para la potabilización. Ahora bien, el papel de los coagulantes naturales como alternativa para la población que abastece el río Simití sería de gran significancia, ya que estos serían más accesibles y de bajo costo al ser producidos de forma local y no importados, como muchos de los coagulantes químicos, lo cual incrementa considerablemente su costo.

Los coagulantes naturales tienen diversas ventajas, puesto que se pueden producir localmente, son de origen natural y los lodos producidos son biodegradables, los cuales pueden ser usados como fertilizantes en suelos agrícolas. Así mismo estos lodos, no tienen concentraciones elevadas de compuestos de aluminio, por ende, se evitan posibles enfermedades (García, Arnal, & Fernández, 2015).

Por otro lado, algunos coagulantes naturales poseen propiedades que reducen o eliminan el contenido de microorganismos patógenos susceptibles de producir enfermedades, las cuales han venido perjudicando a los habitantes del municipio.

La evaluación de los coagulantes naturales seleccionados, permitirá que la población del corregimiento de San Roque pueda aprovechar el almidón de papa y la semilla de tamarindo; los cuales son recursos comunes en esta zona, para producir coagulantes naturales; y reducir la turbidez del agua del río Simití, de esta manera, la población de San Roque, ya no harían parte del 21% con alto riesgo para la salud, ya que según los reportes del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) un total de 1113 municipios; de ellos, solo el 4% suministra agua apta para consumo humano, el 70% agua con “riesgo alto” para la salud y el 21% agua “inviabile sanitariamente” (Guzmán, Taron, & Nuñez, 2015).

Por último, existen diferentes estudios sobre la efectividad de los coagulantes naturales en la remoción de la turbidez del agua y color (Rodríguez, 2007). Aun así, son muy pocos los relacionados con la semilla de tamarindo y el almidón de papa, por lo tanto, los resultados obtenidos se considera una nueva información, ya que se pretende determinar si los coagulantes remueven altas concentraciones de turbidez con menores dosis, lo cual sería innovador por la eficiencia del coagulante, de bajo costo, sostenible y aceptado por la población.



3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia de las semillas de tamarindo y el almidón de papa como coagulantes naturales para la remoción de la turbidez en la quebrada Simití de San Roque Cesar.

3.2. Objetivos Específicos

Caracterizar los parámetros fisicoquímicos como el PH, alcalinidad, color y turbidez del agua a tratar en el corregimiento de San Roque Cesar.

Determinar la dosis óptima del almidón de papa y de la semilla de tamarindo en los laboratorios de la Universidad Popular del Cesar.

Establecer la eficiencia de la remoción de turbiedad de los coagulantes en estudio en el proceso de coagulación.

4. Marco Referencial

En la siguiente etapa se darán a conocer estudios previos, características esenciales, los cuales necesitaremos para el desarrollo de la investigación.

4.1. Antecedentes de la investigación

María Eugenia Herrera Tovar 2019, desarrolló la investigación titulada Evaluación del almidón de papa como floculante en el tratamiento de aguas residuales domésticas; para la Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo, en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, su objetivo principal fue demostrar que con el uso del almidón de papa proveniente del departamento de Boyacá-Colombia, cuenta con la capacidad para la remoción de turbidez de aguas contaminadas y por consiguiente una posible alternativa y sustituto de los polímeros sintéticos usados de manera convencional en las plantas de tratamiento de agua residual. Se realizaron ensayos de simulación para determinar la concentración y dosis óptima de la solución a ser aplicada, evaluando la turbiedad, color y pH. Se utilizó el almidón de papa y el test de prueba de jarras. Los resultados obtenidos reflejaron que el almidón de papa como alternativa para la coagulación-floculación es buena y favorable para reemplazar al sulfato de aluminio, debido a que sus porcentajes de remoción son similares, por lo cual se estableció como una opción de tecnología adaptable, viable y flexible a las condiciones de operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales para de esta manera realizar un adecuado y seguro rehusó destinado a otros fines (Tovar, 2019).

Manuel Honorio Chalco Flores 2016, desarrolló la investigación titulada Determinación de la eficiencia del almidón de papa (*Solanum Tuberosum*) como auxiliar de coagulación del sulfato de aluminio en la remoción de turbidez del agua del río Caplina; en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, el autor se enfocó en la utilización de agentes químicos como el sulfato de aluminio, el cual permite remover cantidades considerables de partículas, junto con el almidón de papa que servirá para remover la turbidez, teniendo en cuenta que la papa es un producto que se encuentra por todo el territorio. El estudio tiene un enfoque experimental en el cual se realizaron un total de 17 ensayos. Se utilizaron diversos materiales de laboratorio al igual que reactivos. Mediante la prueba de jarras se determinó que la dosis óptima para 70 NTU es de 40mg/l de sulfato de aluminio y 12mg/l de almidón, para 500 NTU es de 120mg/l de sulfato de aluminio y 8mg/l de almidón y para 900 NTU es de 140 mg/l de sulfato de aluminio (Honorio, 2016).



Lizeth Estefanía Romero Shiguango 2019, desarrolló la investigación titulada Evaluación de la utilización del almidón de papa, yuca y banano como bio coagulantes para el tratamiento de aguas de una industria láctea; en la Universidad de las Américas, su objetivo se basó en evaluar la aplicación del almidón de papa, yuca y plátano como coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales de una industria lechera. Su enfoque metodológico se trató de la determinación de la eficiencia de remoción de materia orgánica con coagulantes naturales se realizó mediante los parámetros de DQO y DBO5. En la DQO el tratamiento con bio coagulante a base de plátano a una dosis de 2 ml y con un porcentaje de 72.2% de remoción y, la DBO5 tuvo mejor porcentaje de remoción con bio coagulante de papa 97.6% con una dosis de 2 ml y 6 ml. Por otro lado, para evaluar el uso de coagulantes naturales con coagulantes químicos se realizó un diseño experimental por porcentaje. Se utilizó un equipo de laboratorio. Está investigación se realizó con el fin de eliminar la dependencia del uso de coagulantes químicos que, además de tener altos costos, representan un problema al medio ambiente por la generación excesiva de lodos residuales peligrosos (Shiguango, 2019).

Apaza Pumacayo, Shuli Guibell; Guzmán Coarita, Luis Guillermo 2018; desarrollaron la investigación titulada Evaluación de la eficiencia inhibidora de corrosión de almidones de papa modificados en hierro fundido dúctil aplicado en Agua Potable (La Tomilla); en la Universidad Nacional de San Agustín, el trabajo de investigación estudia la inhibición de la corrosión del hierro fundido dúctil (nodular) en una solución de agua potable (La Tomilla I) en presencia de dos especies obtenidas, a partir de la modificación físico-química del almidón de papa (AA y AO), las cuales se caracterizaron mediante FT-IR. Su enfoque metodológico se basó en la extracción de almidón de papa mediante el método de decantación, extracción de agua potable estandarizada, caracterización metalográfica del hierro fundido, caracterización de los almidones. El estudio se abordó utilizando impedancia electrónica, los cuales se utilizó electrodo de trabajo, de referencia, auxiliar, soluciones electrolíticas, celda electrolítica. El estudio reveló que ambos almidones actúan principalmente sobre la incidencia catódica, comparando los resultados obtenidos a partir de la caracterización electroquímica de ambos almidones, se puede concluir que la película inhibidora formada en presencia de AA es más estable, protectora y compacta que aquella formada en presencia de almidón oxidado. Este comportamiento se ve acentuado cuando el tiempo de inmersión aumenta. El estudio demuestra que las propiedades inhibidoras de la película formada en presencia de AA se refuerzan al aumentar el tiempo de inmersión (Pumacayo, Guibell; Coarita, & Guillermo, 2018).



Jhon Feria, Jesús Altamiranda, y Carlos Soto 2020, desarrollaron la investigación titulada Uso de semillas de Tamarindus indica como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda para la revista Espacios. ISSN, 798, 1015, en la Universidad de Sucre, el objetivo de la investigación fue determinar la eficiencia de remoción de la turbidez en muestras de agua cruda tratadas con extractos de semillas de Tamarindo (Tamarindus Indica) preparados con agua destilada, solución salina y agua de mar. Se utilizó un diseño experimental de 33, es decir, 3 factores (Turbiedad inicial del agua, solución disolvente y dosis de coagulante) medidos en 3 niveles. Se utilizaron muestras de agua, preparación del extracto del coagulante, test de jarras y se realizó un diseño experimental. El agua destilada no presentó concentraciones de sales como tampoco conductividad, los valores de salinidad y conductividad para la solución salina (NaCl) fueron los esperados. Al igual los resultados demostraron que para turbiedades bajas del agua cruda se obtienen muy bajas eficiencias de remoción y poca actividad coagulante (Feria, Altamiranda, & Soto, 2020).



4.2. Marco Teórico

En este apartado encontraremos la base conceptual estrictamente relacionada a la investigación, con el fin de proporcionar el contexto que se está abordando.

4.2.1. El Agua

El agua es un bien natural esencial para la vida en el planeta y para la supervivencia de las sociedades humanas (Mendoza, 2015).

Se considera que el agua es un solvente universal, debido a su capacidad para disolver o dispersar la mayoría de sustancias con las que tiene contacto, sean éstas sólidas, líquidas o gaseosas, y de formar con ellas iones, complejos solubles e insolubles, coloides o simplemente partículas dispersas de diferente tamaño y peso. Es esta propiedad la que permite que el agua se contamine fácilmente con sustancias tanto de origen natural como antropogénico (Peñaranda, 2016).

Por lo tanto, también conecta la salud pública, la seguridad alimentaria, la energía para todos, el bienestar del medio ambiente, la educación, el crecimiento económico sostenible y el efecto del cambio climático (Tognelli, Lasso, Sierra, Segura & Cox, 2016).

Actualmente la humanidad atraviesa una crisis mundial del agua, debido a que gran parte de los recursos hídricos del planeta se encuentran sometidos a altos niveles de contaminación en diversos Estados. Sin embargo, lo que parece ser propiamente una crisis de escasez de los recursos hídricos, bien sea en su estado natural o tratada para consumo humano, no es sino un problema de gobernabilidad y gobernanza del agua que se suma a la problemática de distribución inequitativa del vital líquido. (Molina & Morales, 2018).

El agua potable y el saneamiento constituyen algunos de los motores más poderosos del desarrollo humano, pues ensanchan las oportunidades, aumentan la dignidad y ayudan a crear un ciclo virtuoso de mejora de la salud y de crecimiento de la riqueza. El tratamiento que permite adecuar el agua cruda afluente a una planta de tratamiento consiste, básicamente, en remover partículas en suspensión y coloidales, materia orgánica, microorganismos y otras sustancias posiblemente deletéreas a la salud humana presentes en el líquido. (Colletti, Tangerino & Ortiz, 2016).

El tratamiento de aguas se conoce como la forma más antigua que el ser humano ha conseguido para eliminar los residuos y mejorar la calidad en cuanto a olor, color, sabor y apariencia. Si hacemos un poco de historia, el agua se trataba con métodos muy sencillos como



ir viéndola, exponiéndose al sol, sed i- montándola o filtrándose a través de arena o grava para purificarla (Salamanca, 2016).

La coagulación se refiere al proceso de desestabilización de las partículas de una suspensión coloidal, por reducción o neutralización de las fuerzas que las separan, para formar pequeñas masas llamadas microfloculos. Esta desestabilización se logra utilizando productos con alta densidad de carga iónica llamados coagulantes. (Barajas & Méndez, 2015).

La solución a la problemática de la falta de acceso al agua potable para países en vías de desarrollo, debe encaminarse al desarrollo de técnicas innovadoras, eficaces, sostenibles, económicas, fiables y fáciles de manejar, que sean socialmente aceptadas por la comunidad, mejorando así su situación sanitaria y calidad de vida a pesar de ser uno de los objetivos de desarrollo del milenio generados en la cumbre mundial de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) la disponibilidad y calidad de agua para consumo humano sigue siendo deficiente. (Molina, Rodríguez & Ariza 2016).

4.2.2. Propiedades Físicas y Químicas del Agua

El agua tiene algunas propiedades físicas y químicas importantes para los ecosistemas:

El hielo, es decir, el agua en estado sólido, es menos pesado que el agua en estado líquido. Por esta razón, el hielo flota en la superficie de los lagos y mares. Durante el invierno, esta capa de hielo aísla al agua más profunda, que se mantiene líquida y a una temperatura aproximada de 4 grados. A esta temperatura pueden sobrevivir ranas y peces, que son animales que no tienen mecanismos para regular su calor corporal. Los peces, además, respiran a través de sus branquias el aire disuelto en el agua en estado líquido (Toro, Acedo, & Niño, 2015).

Las grandes masas de agua, como los océanos, almacenan el calor que reciben del sol y lo liberan lentamente. Por dicha razón, las tierras cercanas tienen un clima con menos variaciones de temperatura entre el día y la noche y entre el invierno y el verano (Posada, 1999).

El agua disuelve muchas sustancias y las retiene, aunque varíe la temperatura. Su capacidad de disolver los nutrientes del suelo es fundamental para que las plantas puedan absorberlos por sus raíces (Posada, 1999).

Además, la propiedad de disolver sustancias y mantenerlas, aunque varíe la temperatura permite que algunos procesos metabólicos de los organismos vivos se mantengan estables a pesar de las oscilaciones térmicas. Plantas y animales equilibran su temperatura mediante la transpiración, es decir, utilizando la propiedad del agua de transformarse en vapor absorbiendo calor. El agua es un vehículo para que los animales se desprendan, a través del sudor y la orina,

de sustancias que al acumularse serían perjudiciales para el organismo. El agua es un importante medio de intercambio de energía. Cuando se evapora o condensa, una notable cantidad de energía es utilizada o liberada. Podemos comprobarlo cuando aplicamos un trapo húmedo sobre el cuerpo: inmediatamente sentimos una sensación de frescor (Posada, 1999).

4.2.3. Importancia del Agua

La presencia masiva de agua líquida en el planeta es una de sus principales diferencias respecto a los planetas vecinos y es lo que permitió el nacimiento y florecimiento de la vida. Recordemos que los primeros pasos de la evolución ocurrieron a nivel microscópico en los mares (Romero, 2008).

Por otro lado, el agua, el hielo, el vapor y su ciclo hidrológico mantienen la estabilidad climática y atmosférica, permitiendo el enfriamiento del planeta, que recibe diariamente la luz solar. También hidrata los suelos, haciéndolos fértiles para la vida vegetal y para la actividad agrícola, y mantiene circulando las sustancias residuales que, tarde o temprano, se distribuyen en cantidades menos nocivas en el ambiente (Romero, 2008).

4.2.4. Funciones del Agua

El agua cumple funciones vitales en el planeta y en los distintos ecosistemas, acuáticos o no, ya sea como medio vital, transporte de nutrientes o insumo básico para la fotosíntesis vegetal.

De igual forma, en el cuerpo humano cumple con los siguientes roles vitales:

Constituye el medio vital para la mayoría de las células del cuerpo. Transporta las sustancias disueltas y compone un enorme porcentaje de la sangre y de otras sustancias de transporte. Permite la excreción de los desechos, tanto en la orina como en las heces, el sudor y otras excreciones. Mantiene la temperatura corporal homogénea y permite el enfriamiento. Brinda electrolitos y minerales indispensables para el funcionamiento eléctrico del organismo. Por otro lado, las grandes masas de agua en el mundo permiten la recreación humana (como las playas), le sirven de insumo a numerosas industrias y como insumo para el aseo cotidiano, entre muchas otras funciones de interés. (Silva, Browne, Hernández, Toxtle, & Pérez).



4.2.5. Tratamiento del Agua

El tratamiento del agua, es un proceso con operaciones de distintos tipos (físico, químico, físico-químico o biológico) cuyo objetivo es la eliminación y/o reducción de la contaminación o de las características no deseables de las aguas.

La finalidad de este proceso es obtener agua con las características adecuadas al uso que se le quiera dar. Por eso, el proceso de tratamiento de agua varía en función de las propiedades de partida del agua y también de su uso final.

El tratamiento de agua es cada vez más necesario debido a la escasez de agua potable y a la creciente necesidad de la población mundial. Del total de agua que hay en el planeta, tan solo un 2,5 % es agua dulce, y de esa cantidad tan solo el 0,4% es agua apta para el consumo humano (Torra, Valero, Bisbal, Tous, & Aribau, 1998).

4.2.6. Coagulantes Naturales

Los coagulantes naturales reducen el contenido de la DBO5 y la DQO tanto en la aplicación de los tratamientos como en las dosis variando los valores finales con respecto a los iniciales. La Demanda Bioquímica de Oxígeno es la cantidad del oxígeno que utilizan los microorganismos heterótrofos, con el fin de transformar la materia orgánica en anhídrido carbónico, agua y productos finales, este proceso se realiza en condiciones aeróbicas con presencia de oxígeno libre. La Demanda Química de Oxígeno es el consumo del oxígeno, en la oxidación de la materia carbón cela (persistente), para tal proceso deben existir condiciones que faciliten la oxidación. La DQO es el índice para medir usualmente la contaminación (Malqui, & Estefany, 2017).

El efecto del aluminio en la salud humana no ha sido totalmente comprobado, es cierto que no se puede dejar de lado la atención a concentraciones residuales de aluminio en agua potable y mantener límites debajo de 0,2 mg/l (Banchón, Baquerizo, Muñoz, & Zambrano, 2016).

4.3. Marco Conceptual

Agua: Es aquel elemento que ha sido determinada para el consumo humano, por lo que debe llegar a ser un elemento satisfactorio en cuanto a sus características físicas, químicas y microbiológicas, las mismas que se encuentran normalizadas a estándares de calidad, en los cuales se encuentran establecidos límites máximos y mínimos que la misma debe cumplir.

Agua cruda: Agua que se encuentra en el ambiente (lluvia, superficial, subterránea, océanos, etc.) que no ha sido sometida a ningún tipo de tratamiento ni modificación en su estado natural.

Agua potable: Agua a la cual se le han variado o alterado sus características físicas, químicas, biológicas y organolépticas, cumpliendo con las condiciones señaladas en la Resolución 2115 de 2007 para el consumo humano sin que se produzcan efectos adversos a la salud.

Agua subterránea: Son aquellas formaciones de agua dulce situadas a nivel superficial en la corteza terrestre. Suelen encontrarse en formaciones geológicas impermeables.

Captación: Es la recolección de agua que se obtiene de ríos, lagos, diques o aguas subterráneas. En el caso de los ríos y lagos, se transporta mediante su propia corriente. En el caso de las aguas subterráneas se traslada mediante bombas de agua.

Coagulación: Neutraliza cargas y forma una masa gelatinosa que atrapa (o une) partículas, aumentando su tamaño de modo que puede quedar atrapada en el filtro o sedimentar.

Cloración: Es el método más habitual para la potabilización de agua logrando una correcta desinfección del agua a partir de determinadas concentraciones de cloro libre en un tiempo de contacto determinado.

Decantación: Es una técnica que permite separar un sólido mezclado heterogéneamente con un líquido en el que es insoluble o bien dos líquidos inmiscibles

Desbaste: Es la etapa donde se remueven los sólidos grandes que están presentes en el agua (botellas, zapatos, ropa, etc.), esto se hace mediante unas rejillas que están en las plantas de tratamiento de aguas.

Filtración: Es el proceso de separación de partículas sólidas de un líquido utilizando un material poroso llamado filtro

Floculación: Mueve suavemente o agita tales partículas, haciendo que se unan formando masas mayores que sedimentan con más facilidad o pueden ser filtradas.

PH: Indica la acidez o alcalinidad, en este caso de un líquido como es el agua.

(PAULA CATALINA SANCHEZ Y JHON LEONARDO ALONSO 2017)

4.4. Marco Contextual

En el siguiente apartada se encontrarán las características que contextualizan el proyecto de investigación, es decir el lugar en donde se aborda la problemática a tratar.

CURUMANI CESAR

Es un municipio de Colombia ubicado en el departamento del Cesar. Tiene una población de 42.353 habitantes. Limita al norte con Chiriguaná, al este con Venezuela y El Carmen (Norte de Santander), al sur y oeste con Chimichagua. Tiene su origen en el grupo étnico de los Chimilas, quienes se dedicaban a la pesca, caza, apicultura y a los cultivos de tabaco, ahuyama, yuca y caña brava, que empleaban como materia prima para la elaboración de las flechas.

Figura 1. Localización de Curumaní en el Cesar



Fuente: Wikipedia 2020.

Figura 2. Ubicación geográfica de Curumani-Cesar



Fuente: Tomada a partir Google Maps 2020

Figura 3. Ubicación geográfica de San Roque-Cesar



San Roque
Curumani, Cesar

Fuente: Tomada a partir Google Maps 2021. El corregimiento de San Roque pertenece al municipio de Curumani, Cesar.



4.5. Marco Legal

En la constitución política de 1991, el agua es considerado como un bien nacional público, indispensable para la vida y el desarrollo económico del país, la principal norma que rige la calidad del agua en Colombia es el Decreto 1575 y resolución 2115 del año 2007, por medio del cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.

Decreto 475 de 1998 este regula la calidad del agua potable para consumo humano también dicta algunos criterios para la utilización de coagulantes en el país y los valores admisibles en cuanto a color, olor, sabor, turbiedad, sólidos totales, dañinos para la salud humana.

En el presente proyecto se llevó a cabo lo establecido en la Constitución Política de colombiana leyes, decretos y resoluciones, establecidas para el tratamiento del agua, se presenta las normativas correspondientes:

Tabla 1.

Legislación colombiana

<i>Normativa</i>	<i>Descripción</i>	<i>Aplicabilidad al Proyecto</i>
Constitución Política 1991 Marco Normativo Colombiano	Mecanismos e instrumentos de cumplimiento nacional.	Es la máxima norma colombiana, En el artículo 366 habla del bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable.
Ley 9 de 1979	Medidas sanitarias y protección del medio ambiente	Establece los procedimientos y las medidas para llevar a cabo la regulación y control de los vertimientos.
Decreto 2811 de 1974	Denominado Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente	Contiene las acciones de prevención y control de la contaminación del recurso hídrico y sus características para el consumo humano



Decreto 1076 de 2015	Se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	Racionalizar las normas de carácter reglamentario que rigen el sector Ambiente.
Resolución 2314 de 1986.	Reglamenta el uso de productos químicos destinados al tratamiento de agua para consumo humano.	Normalizar y relacionar los procedimientos, referente a la aplicación de sustancias o elementos que contribuyan a la potabilidad del agua.
Resolución 2115 de 2007.	Señala las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.	Indica los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas, microbiológicas e instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano.
Resolución 2320 de 2009	Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS (Modificado)	Señala los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias.

Fuente: Adoptado por el autor, 2022.

5. Marco Metodológico

A continuación, se dará a conocer el conjunto de procedimientos y actividades utilizados para alcanzar los objetivos que rigen la investigación.

5.1. Línea de Investigación y Sublíneas

Conforme al Acuerdo N° 003 del 08 de julio de 2021, la línea de investigación aplicable al contexto del proyecto se denomina **sostenibilidad ambiental y gestión ambiental**. La sublíneas de investigación se denomina gestión del **recurso hídrico**, adscritas al programa de ingeniería ambiental y sanitaria de la Universidad popular del Cesar.

5.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación que encontramos en el proyecto es cuantitativo, ya que La investigación cuantitativa es un método de recogida de datos en un contexto de estudios principalmente científicos. En base a los datos recogidos, se pueden probar hipótesis predefinidas(qualtrics,2020)

5.3. Nivel de Investigación

El nivel de investigación e correlacional y experimental; primeramente, la investigación correlacional que determina el grado en el cual las variaciones en uno o varios factores son concomitantes con la variación en otros factores (Carretero, & Pérez, 2005). Lo cual va acorde a la investigación, ya que en esta se probará que tan eficaz son los coagulantes naturales independientemente del agua cruda en la que actuarán; segundamente la investigación experimental la cual es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamientos, para observar los efectos o reacciones que producen (Fidias G. Arias (2012). Este tipo de investigación también se considera en el proyecto, ya que en este se deben realizar pruebas de laboratorio, en las cuales se determinará la eficacia de remoción según los parámetros encontrados.



5.4. Población

La zona de estudio corresponde al agua cruda del río Simití que está ubicado en el corregimiento de San Roque en el departamento del Cesar, El cual está tomando el agua directamente del río sin ningún tratamiento previo para su consumo. (INCA2015).

5.5. Muestra

Se estableció como punto de muestreo el corregimiento de San Roque y se recopilara distintas muestras del punto medio a lo largo del Río Simití para evaluar la turbidez del agua y que tan aceptable es para el consumo de la población.

5.6. Etapas Metodológicas

Para cumplir con lo establecido en los objetivos específicos, la investigación se desarrollará en las siguientes etapas:

- **ETAPA 1: Caracterizar los parámetros fisicoquímicos como el PH, el color, turbidez, y alcalinidad del río Simití.**

Actividad 1.1. Toma de la muestra

Referencia: Se tomaron dos muestras por semana durante 21 un día en la parte media del río Simití, se realizaron muestreos durante los períodos de sequías y períodos de lluvias, para posteriormente almacenarlo en recipientes de 20 litros, y conservarlo a una temperatura de (4°C), las muestras de agua recolectadas se depositaron en recipientes plásticos y se transportaron al laboratorio de la universidad popular del Cesar, basándonos en la ficha técnica Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (M-S-LC-I004, IDEAM 2020).

Actividad 1.2. Caracterización de los parámetros fisicoquímicos.

Se realizaron las respectivas pruebas de PH, color, turbidez y alcalinidad, siguiendo los procedimientos establecidos en el instructivo de ensayo de (IDEAM 2020).

Tabla 2.

Métodos y procedimientos para la caracterización de los parámetros fisicoquímicos

<i>Alcalinidad</i>	
<i>Metodología</i>	<i>Descripción</i>
DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD EN AGUA MÉTODO 2320-B	ALCALINIDAD POR BASES FUERTES
	1. Tomar 50ml de la muestra en un matraz Erlenmeyer.
	2. agregar tres gotas de indicador de Fenolftaleína
	• coloración rosa indica alcalinidad a la Fenolftaleína • Si es incolora, indica que no presenta alcalinidad a la fenolftaleína.
	3. Titular la muestra con una solución de ácido sulfúrico con concentración de 0.02N hasta quedar incolora
	4. Tomar la lectura del titulante agregado en milímetros, para posteriormente hacer los respectivos cálculos.
	$\text{Alcalinidad de fenolftaleína} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3 \right) = \frac{V_t * N_t * P_{Eq-gr} \text{CaCO}_3 * 1000}{V_m}$
	Donde V_t: Volumen de ácido estándar agregado en ml N_t: Normalidad del ácido estándar 0,02N V_m: Volumen de muestra en ml
	ALCALINIDAD POR BASES DÉBILES
	1. Tomar 50ml de la muestra en un matraz

Erlenmeyer.

2. Agregar tres gotas de indicador de anaranjado de metilo.

- Coloración amarilla indica alcalinidad al metilo
- Si da un color anaranjado, indica que no presenta alcalinidad al metilo

3. Titular la muestra con una solución de ácido sulfúrico con concentración de 0.02N hasta que torne a un color naranja

4. Tomar la lectura del titulante agregado en milímetros, para posteriormente hacer los respectivos cálculos

<i>Turbidez</i>	
<i>Método</i>	<i>Descripción</i>
DETERMINACIÓN DE TURBIEDAD POR NEFELOMETRÍA (SM 2130 B). TURBIDÍMETRO: 2100AN- Hach	1. Tomar una muestra de 100ml.
	2. Calibrar el equipo siguiendo las instrucciones del Instructivo Manejo
	Turbidímetro Turbiquant 1500 T M-S-LC-I007.
	3. Agitar las muestras en sus recipientes para homogeneizar la suspensión.
	4. Colocar la celda con muestra en el portacelda, verificar que la celda entra
	hasta el fondo, antes de realizar la lectura.
	5. Esperar hasta que estabilice la lectura y registrar el valor máximo obtenido.
	6. Retirar la celda, desechar la muestra, enjuagar tres (3) veces con agua tipo I
	antes de realizar la siguiente lectura.
	Al finalizar el ensayo, lavar la celda con agua de la llave y luego repetidas



veces con agua tipo I.

PH (potencial de hidrógeno)

<i>Metodología</i>	<i>Descripción</i>
DETERMINACIÓN DE pH EN AGUA POR EL MÉTODO ELECTROMÉTRICO (SM. 4500-H+B) EQUIPO: PH METRO Y ELECTRODO	1.Recolectar la muestra en un beaker de 50ml.
	2.Lavar el electrodo con agua Tipo II, luego secar con servilleta o un paño.
	3. introducir el electrodo en la muestra evitando que este tenga contacto con las paredes del recipiente. Agitar la muestra suavemente para minimizar el arrastre de dióxido de carbono.
	4. Esperar que la lectura se estabilice.
	5. Registrar los resultados obtenidos de pH y temperatura para las muestras y su duplicado.
	6.Lavar el electrodo con agua Tipo II al terminar el trabajo, y sumergirlo en la solución de almacenamiento.

Color

<i>Metodología</i>	<i>Descripción</i>
DETERMINACION DEL COLOR: SM 2120C- FOTOMETRICO	COLOR REAL
	1.Filtrar una muestra de 100ml por papel filtro
	2.Calibramos el equipo en el programa correspondiente
	3.se deposita la muestra en la celda, por encima de los indicadores donde se hace la medición.
	4. Proceder a hacer la lectura en el equipo
	COLOR APARENTE
	1.se deposita la muestra en la celda, por encima de los indicadores donde se hace la medición.
	4. Proceder a hacer la lectura en el equipo

Fuente: IDEAM 2020.

- **ETAPA 2: Determinar la dosis óptima del almidón de papa y de la semilla de tamarindo en los laboratorios de la Universidad Popular del Cesar**

Actividad 2.1. Desarrollar la extracción de los dos tipos de coagulantes.

Referencia: Para la extracción de la semilla de tamarindo se utilizaron 5 kg, se lavaron y se secaron a la intemperie durante 12 horas. Luego se introdujeron en un horno doméstico durante 4 hora y a una temperatura de 180°. Una vez secas las semillas, se molieron en un molino mecánico y se tamizaron, hasta lograr conseguir un polvo fino (Feria, Altamiranda, & Soto, 2020).

No obstante, tenemos que, para la obtención del almidón de papa se manejaron 2 kg. Este se extrajo licuando la papa, después se vertió la pulpa en un paño y, con ayuda de las manos se extrajo toda el agua posible, ya que en esta es donde se encuentra suspendido el almidón, por último, se dejó decantar al menos 8 horas. Luego de este tiempo se pudo ver la formación de un sedimento blanco, por ende, se retiró toda el agua y la pasta que se formó se dejó secar al sol para posteriormente ser molido, cabe aclarar que se tuvo en cuenta el tiempo de extracción del producto, para que no sufran ningún deterioro y su extracción sea más efectiva para desarrollar los coagulantes (Pumacayo, Guibell; Coarita, Guillermo, 2018).

Actividad 2.2. Ensayo de la prueba de jarras para la obtención de la dosis optima

Referencia: Para la obtención de la dosis se realizaron diferentes ensayos de la prueba de jarra, según las muestras tomadas, en donde primeramente se depositó un litro del agua previamente homogenizada en cada recipiente o vaso de precipitados de capacidad igual a un litro y se posiciono en la base iluminada del equipo de test de jarras para proceder a introducir las paletas de agitación. Previamente a este procedimiento se preparó la cantidad necesaria coagulante de almidón de papa y semilla de tamarindo y su concentración al 2%. seguido a esto, se utilizaron dosis en un rango 10 mg/l hasta 300mg/l. Las jarras con las muestras de agua se colocan debajo de las paletas y éstas se hicieron girar a 120 rpm iniciales dentro de la jarra. Se cronometra de 30 a 60 segundos desde el momento en que simultáneamente se adicionan las cantidades de coagulante definidas previamente a cada jarra. Una vez se hizo la mezcla rápida durante el tiempo definido se disminuyó la velocidad de rotación de las paletas de 30 a 60 rpm (promedio de 40 rpm) y se dejó flocular el agua durante 15 a 30 minutos más. Por último, se suspendió la agitación, se extrajo las paletas y se dejó sedimentar el agua durante 15, 30 y 60 minutos, para posteriormente analizar el pH, color y turbiedad en cada lapso.

Actividad 2.3. Análisis de los parámetros fisicoquímicos con la normativa vigente.

Referencia: Compararon los resultados de cálculos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos con la normativa vigente que regulan los valores máximos permisibles.

Tabla 3.

Normativa-resolución 2115 de 2007

<i>Parámetros</i>	<i>Valores permisibles</i>
PH	6-9
Color	15 (Unidades de Platino Cobalto)
Turbidez	2 NTU (Unidades Nefelométricas de turbiedad)
Alcalinidad	200 mg/l CaCO ₃

Fuente: Adaptada por el autor, 2022.

- **ETAPA 3: Establecer la eficiencia de la remoción de los coagulantes en estudio en el proceso de coagulación.**

Actividad 3.1. Calcularon los porcentajes de turbidez de cada coagulante a evaluar

Referencia: La eficiencia del proceso de coagulación se determinó mediante el porcentaje de remoción de turbidez de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Eficiencia Remocion} = \frac{(t_1) - (t_2)}{(t_1)} \times 100$$

T₁= Turbiedad inicial de la muestra (NTU)

T₂= Turbiedad final de la muestra (NTU)

Actividad 3.2. Comparación de la eficiencia de los coagulantes

Referencia: Se compararon los resultados obtenidos en la anterior actividad, con el fin de distinguir que coagulante arrojó los parámetros más favorables, en la remoción del PH, turbidez, alcalinidad y color con la menor dosis, así mismo se identificaron si los coagulantes dejan una traza de materia orgánica, ya que algunos coagulantes son propensos a dejarla debido a las impurezas como los lípidos y los carbohidratos.



Actividad 3.3: Diseño experimental

Referencia: Para el diseño experimental se tomó como base la investigación de (Rodríguez, et. Al, 2022), en su investigación Análisis del plátano y banano (*Musa paradisiaca* L.) como coagulante para el tratamiento de afluentes de la Universidad Popular del Cesar.

Se implementó un diseño experimental completamente aleatorizado, en donde se estudiaron las variables de pH y dosificación como factores que tienen mayor influencia en la variable de respuesta, es decir la turbidez reportada en NTU. Para este diseño se utilizaron tres tratamientos; T_1 = tratamiento de semilla de tamarindo; T_2 = tratamiento de almidón de papa; T_3 = tratamiento de sulfato de aluminio con tres replicas, las cuales fueron promediadas posteriormente. En estas se consideró el efecto estadístico de aplicar distintos tipos de coagulantes, en aguas de afluente lótico (río Simití, corregimiento de San Roque, Cesar) con diferente turbidez inicial (4,12 y 24,13 NTU), considerando distintas concentraciones de coagulante (90,120,150,180, 210 ppm para turbidez inicial). Las variables de estudio se analizaron evaluando la normalidad de los datos (pruebas de Shapiro-Wilk), igualdad de varianzas (Prueba de Bartlett) y los tratamientos fueron aleatorizados con el fin de cumplir con la independencia de los datos (Kitchenham et al., 2017).

6. Análisis de Resultados

6.1. Caracterizar los parámetros fisicoquímicos como el PH, el color, turbidez, y alcalinidad del río Simití.

En las siguientes actividades se utilizaron unas metodologías muy útiles para evaluar el agua cruda y establecer los datos requeridos para su consumo, pero hay que tener en cuenta que para obtener una visión integrada de los resultados obtenidos es necesario que estas herramientas sean articuladas y evaluadas siguiendo las normas técnicas, debido a que estas reducirán el porcentaje de error de los resultados, lo cual nos da más confiabilidad en los datos, para los análisis y conclusiones.

6.1.1. Toma de la muestra

Figura 4. Toma de muestra en el Rio Simi, San Roque Cesar



Se realizó la toma de muestra en la parte media de la cuenca ya que es la más accesible para la población de San Roque Cesar. Se recolectaron 20 litros de agua, 6 veces por temporadas. Las cuales fueron temporada de lluvia y temporada de sequía. Siguiendo el procedimiento basado en la ficha técnica del IDEAM y se tomaron las precauciones correspondientes para su transporte y almacenamiento. Los embaces de agua se registraron respectivamente con los datos de fecha y temporada en la que fue tomada. Una vez la muestra se obtuvo, se verificó que los embaces fueran sellados correctamente, de tal manera que se evitara derramamientos y contaminación con algún otro tipo de sustancia. Posteriormente se llevó al laboratorio de ingeniería ambiental en la universidad popular de Cesar, en la cual se



mantuvo almacenada a una temperatura adecuada, que permitiera mantener la muestra representativa del río Simiti.

6.1.2 Caracterización de los parámetros fisicoquímicos

Con las muestras respectivas de agua en sus diferentes temporadas, las cuales ya se encontraban almacenadas en el laboratorio, se les hizo la caracterización inicial de PH, turbidez, color, alcalinidad, DBO, DQO y temperatura. Esta caracterización siguió los métodos estándares propuestos por el IDEAM 2020.

Determinación del PH

En la determinación del PH se tomó 50 ml de la muestra de agua cruda. cabe mencionar que primeramente se limpia el electrodo con agua destilada para hacer las mediciones, después de la obtención del dato del PH se limpia el electrodo para impedir la presencia de impurezas en las siguientes tomas. Finalmente, la caracterización inicial de PH arrojó resultados dentro del rango 6-9 en las diferentes temporadas. Ver Tabla 5 y Tabla 6.

Medición del color:

Para llevar a cabo la medición de color de las diferentes muestras, se realizó el análisis en el laboratorio acreditado Nancy Flórez con el método: SM 2120C-FOTOMETRICO, dado que en los laboratorios de la universidad popular del Cesar no se contaron con los equipos necesarios para su determinación.

Medición de turbidez

En una celda de 10 ml se coloca la muestra de agua. Este se tomó con un pañuelo para no dejar rastros o manchas que impidan el paso de la luz al ingresar al turbidímetro y proseguir con la lectura. Dicho esto, los resultados de la turbidez fueron mayormente altos para la temporada de lluvia debido al arrastre de sedimento y materia orgánica, a diferencia de la temporada de sequía, la cual arrojó valores de turbidez mínimos. Ver Tabla 5

Determinación alcalinidad

Se utilizaron dos matraces Erlenmeyer, cada uno con 50 ml de la muestra de agua cruda en la cual se aplicó a ambas 3 gotas; uno de fenolftaleína y el otro de anaranjado de metilo, para así continuar con la titulación. En base a los resultados obtenidos en la caracterización inicial pudimos determinar que el agua tiene un alto contenido de calcio y magnesio, para las

dos temporadas a analizar, lo cual se ve representado en la reacción al anaranjado de metilo, pero no a la fenolftaleína, la cual no reacciona en el agua cruda, indicándonos que es sustancia no extremadamente ácida. Ver Tabla 5 y Tabla 6

Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO)

Para la determinación del DQO se utilizó el método de reflujo cerrado, según la ficha técnica propuesta por el IDEAM (2013) SM 5220C, en donde en primeramente se adiciona 2.5ml de muestra, 1.5ml de solución digestora ($K_2Cr_2O_7$) y 3.5 ml de solución de ácido sulfúrico de plata, todos los reactivos se adicionaron lentamente y cuidando que resbalen por las paredes del tubo de cultivo. Luego se prosiguió a tapar bien los tubos y agitar en vortex para que los reactivos se mezclen perfectamente.

Una vez listos, se colocaron en una gradilla y llevaron a termo reactor a $150^{\circ}C$ para reflujar durante 2 horas. Después de ese tiempo se dejó enfriar a una temperatura ambiente, y se transfirieron los contenidos a un matraz Erlenmeyer de 125ml (cada muestra por separado), se tituló el exceso de $K_2Cr_2O_7$ con Solución de Amonio Ferroso (FAS); usando 2 o 3 gotas de solución de ferroína como indicador y agitación magnética durante la titulación. El punto final de la titulación se dio cuando la solución cambia de azul-verdoso a café-rojizo

Otro paso para la DQO que se llevó a cabo es la preparación de la normalidad, en donde de la misma manera se tituló una muestra que contenga el mismo volumen de $K_2Cr_2O_7$ y H_2SO_4 concentrado en vez de la mezcla de H_2SO_4 y Ag_2SO_4 , mas 2.5ml de agua destilada.

Para la determinación de FAS, no se necesitó reflujar o digerir la muestra y el blanco se preparó igual que la muestra, solo que en vez de esta se pone agua destilada.

Cálculos

$$mg \frac{DQO}{l} = \frac{(A - B) \times 8000 \times NF}{ml \text{ de muestra}}$$

Donde

A= ml de FAS gastado en el blanco

B= ml de FAS gastado en la muestra

NF= normalidad del FAS

$$normalidad \text{ del FAS} = \frac{1.5 \text{ ml de } K_2Cr_2O_7 \times 0.10}{ml \text{ de FAS gastado en la titulacion del blanco}}$$

como resultado de la DQO se obtuvo que, para la temporada de sequía, el agua tratada

con semilla de tamarindo y sulfato de aluminio arrojó valores de 120mg/L O₂, mientras que la tratada con semilla de tamarindo dio 80mg/L O₂, así mismo se analizaron los valores para la temporada de lluvia, los cuales arrojaron el valor de 160mg/L O₂ para el agua tratada con almidón de papa, siendo así este el más alto de las dos temporadas, en cuanto al agua tratada con semilla de tamarindo y sulfato de aluminio 80mg/L O₂ en la temporada de lluvia.

Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Para determinar la DBO₅ se utilizó botellas Oxitop, con un agitador magnético. Se colocó todas las muestras en diferentes botellas y se añadieron gotas del inhibidor dependiendo del total de muestras utilizadas, después se colocó un caucho y se agregaron 2

perlas de hidróxido de sodio, por último, se cerró con el cabezal Oxitop el cual va a evitar que escape algún gas, por último, son llevadas a la incubadora a una temperatura de 20°C por el lapso de 5 días. Asumiendo la relación de DBO₅ = 0.5 DQO se estableció el rango de DBO₅ (mg/L) y volumen de la muestra (ml)

$$\frac{mg}{l} DBO_5 = (DBO_{EXPERIMENTAL} * FACTOR DE DILUCION)$$

Tabla 4. Resultados de la caracterización de DBO₅

<i>PERIODO DE MUESTREO</i>	<i>AGUA TRATADA CON COAGULANTE</i>	<i>VOLUMEN DE LA MUESTRA</i>	<i>DBO experimental</i>	<i>FACTOR</i>	<i>DBO₅ (mg/l)</i>
TEMPORADA DE LLUVIA	almidón de papa	250	1	5	5
	semilla de tamarindo	365	2	2	4
	sulfato de aluminio	365	4	2	8
TEMPORADA DE SEQUIA	almidón de papa	250	4	5	20
	semilla de tamarindo	365	7	2	14
	sulfato de aluminio	250	4	5	20

Tabla 4. Muestra iniciales temporada de sequía

MUESTRAS INICIALES: TEMPORADA DE SEQUIA							
<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Fecha de tomar de muestra al 2023</i>					
		<i>15/05</i>	<i>13/06</i>	<i>15/06</i>	<i>20/06</i>	<i>21/06</i>	<i>21/09</i>
PH	Unidad de PH	7,6	8,55	8,05	8,35	7,72	8,23
Temperatura	°C	27,4	28,6	26,4	27,2	27,4	26,9
Turbidez	NTU	5,13	3,89	5,05	4,45	4,49	1,26
Color	UPC	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
Alcalinidad Fenolftaleína	mg/L	0	0	0	0	0	0
Alcalinidad Total	mg/L	117	103	100	128	130	59

Tabla 5. Muestra iniciales temporada de lluvia

MUESTRAS INICIALES: TEMPORADA DE LLUVIA							
<i>Parámetros</i>	<i>Unidad</i>	<i>Fecha de tomar de muestra al 2023</i>					
		<i>17/05</i>	<i>24/05</i>	<i>31/05</i>	<i>01/06</i>	<i>24/08</i>	<i>28/08</i>
PH	Unidad de PH	7,12	7,83	8,12	8,9	7,7	7,58
Temperatura	°C	27,7	27,8	27,5	27,7	26	28,8
Turbidez	NTU	21,2	33,4	11,4	13	25	42,2
Color	UPC	8,54	8,54	8,54	8,54	8,54	8,54
Alcalinidad Fenolftaleína	mg/L	0	0	0	0	0	0
Alcalinidad Total	mg/L	90	105	96	105	148	125

6.2 Determinar la dosis óptima del almidón de papa y de la semilla de tamarindo en los laboratorios de la Universidad Popular del Cesar

En este apartado, se detallará las metodologías utilizadas para la extracción del coagulante de almidón de papa y semilla de tamarindo, así como el tratamiento implementado, con el fin de definir que dosis se destaca en el ensayo, en la reducción de la turbiedad, PH y alcalinidad. Posteriormente se hará un análisis comparativo con la normativa vigente, con el fin de demostrar que dosis tuvo resultados dentro de los rangos estipulados.

6.2.1. Desarrollar la extracción de los dos tipos de coagulantes

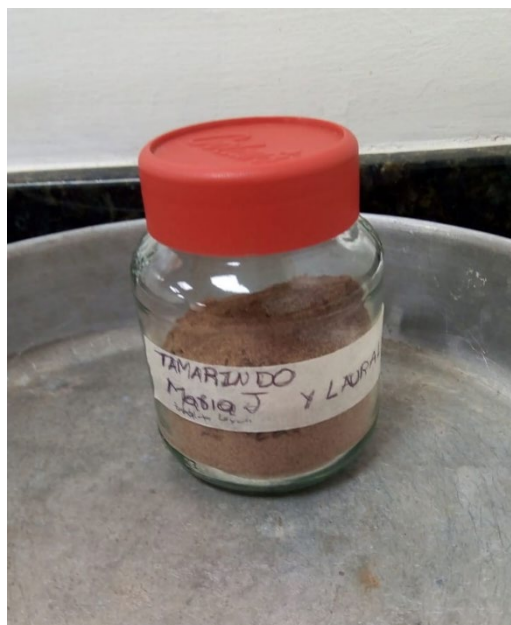
Para la extracción de almidón de papa se utilizó primeramente 1 kilogramo de papa la cual fue pelada y lavada. Por consiguiente, se rayó y se licuo, de esta manera se aprovechó mejor la pulpa al verterla en el paño y extraer la mayor cantidad del líquido, por último, se dejó decantar unas 4 hora, hasta que se presentó un sedimento blanco en el fondo del envase de vidrio. La pasta se dejó secar a una temperatura de 40°C por 20 minutos en el horno, por último, se utilizó los tamices (#200, #180, #150, #100, # 80, #50) con el fin de lograr un mejor acabado.

Figura 5. Coagulante de almidón de papa



En cuanto a la obtención del coagulante de la semilla de tamarindo se manejó 3 kilogramos de tamarindo, el cual fue secado en un horno a una temperatura de 180°C por 4 hora, por ende, se dejó reposar hasta que las semillas estén en temperatura ambiente, para proceder a molerlas en un molino, finalmente se utilizan tamices (#200, #180, #150, #100, #80, #50) de modo que el sustrato sea mucho más fino. (Feria, Altamiranda, & Soto, 2020).

Figura 6. Coagulante de semilla de tamarindo



6.2.2 Ensayo de la prueba de jarras para la obtención de la dosis optima

En la verificación de la concentración primeramente se realizó una concentración de 2% para cada coagulante, la solución se obtuvo por la relación peso/volumen donde se establece que el porcentaje de concentración es igual al peso del soluto y el volumen de la solución. Para los coagulantes naturales se manejó una concentración diferente al coagulante químico.

- Concentración de coagulantes naturales

20000ppm → 2%

$$\text{Concentracion (ppm)} = \frac{\text{gr coagulante}}{\text{ml de agua destilada}} \times 1000000$$

Concentración (ppm): 20000

ml de agua destilada: 100ml

gr de coagulante:

despejamos gr de coagulante

$$\text{gr coagulante} = \frac{20000 \times 100\text{ml}}{1000000} = 2 \text{ gr}$$

Para el coagulante de sulfato de aluminio, ya que no se encontraba en un porcentaje del 100% se realizó la siguiente relación, indicado así la cantidad de gramos necesarios para obtener el sulfato de aluminio en una concentración del 2%

2g → 100

x → 95%

$$x = \frac{2 \times 100}{95} = 2,105 \text{ gr}$$

A partir de la concentración al 2% de coagulante, se procedió a agregar a cada jarra las diferentes dosis iniciales, en base a las citaciones mencionadas en el proyecto, dado que en estos rangos se obtenían parámetros óptimos, de tal manera, que los volúmenes bases para las diferentes jarras utilizadas en el test son las siguientes.

$$\text{volumen de jarra} = \frac{\text{volumen 2} \times \text{concentracion 2}}{\text{concentracion 1}}$$

$$\text{volumen jarra 1} = \frac{1l \times 30mg/L}{20000mg/L} = 0,0015l$$

Lo pasamos a ml

$$\frac{1000ml}{1l} \times 0,0015l = 1,5ml$$

Jarra 1: 1,5 ml

$$\text{volumen jarra 2} = \frac{1l \times 60mg/L}{20000mg/L} = 0,003l \rightarrow 3ml$$

Jarra 2: 3,0 ml

$$\text{volumen jarra 3} = \frac{1l \times 90mg/L}{20000mg/L} = 0,0045l \rightarrow 4,5ml$$

Jarra 3: 4,5 ml

$$\text{volumen jarra 4} = \frac{1l \times 120mg/L}{20000mg/L} = 0,006l \rightarrow 6ml$$

Jarra 4: 6,0 ml

$$\text{volumen jarra 5} = \frac{1l \times 150mg/L}{20000mg/L} = 0,0075l \rightarrow 7,5ml$$

Jarra 5: 7,5 ml

Jarra 6: 0,0 ml (blanco)

Se realizaron las primeras corridas en el test de jarra en donde se agregó 1000 ml de muestra de agua en los 6 vasos de precipitado, posteriormente, se inicia la mezcla rápida a 150 RPM (Revolución por minutos) para luego añadir la solución de coagulante natural durante un minuto, terminado este tiempo se continua con la mezcla lenta a 40 RPM por 30 minutos. Por último, se realiza la fase de sedimentación por 30 minutos.

Al terminar el ensayo, se procedió a hacer la respectiva caracterización fisicoquímica del agua, en donde primeramente se monitorea el parámetro de turbidez dentro del proceso de coagulación y floculación, que permite determinar las dosis optimas a través del análisis de remoción de turbidez.

Por consiguiente, se analizaron los parámetros de alcalinidad, PH y temperatura. Cabe mencionar que en base a los resultados y el análisis que se realizó a las dos primeras corridas, se decidió hacer un ajuste en las dosis, teniendo en cuenta el rango de mayor remoción que se presentaba, fue de 5ml a 10ml. se procedió a realizar las corridas restantes, con las siguientes dosificaciones.

$$\text{volumen jarra 1} = \frac{1l \times 90\text{mg/L}}{20000\text{mg/L}} = 0,0045l \rightarrow 4,5\text{ml}$$

Jarra 1: 4,5 ml

$$\text{volumen jarra 2} = \frac{1l \times 120\text{mg/L}}{20000\text{mg/L}} = 0,006l \rightarrow 6\text{ml}$$

Jarra 2: 6,0 ml

$$\text{volumen jarra 3} = \frac{1l \times 150\text{mg/L}}{20000\text{mg/L}} = 0,0075l \rightarrow 7,5\text{ml}$$

Jarra 3: 7,5 ml

$$\text{volumen jarra 4} = \frac{1l \times 180\text{mg/L}}{20000\text{mg/L}} = 0,009l \rightarrow 9\text{ml}$$

Jarra 4: 9,0 ml

$$\text{volumen jarra 5} = \frac{1l \times 210\text{mg/L}}{20000\text{mg/L}} = 0,0105l \rightarrow 10,5\text{ml}$$

Jarra 5: 10,5 ml

Jarra 6: 0,0 ml

6.2.3 Análisis de los parámetros fisicoquímicos con la normativa vigente

Una vez realizado los ensayos se procedió a hacer la respectiva comparación, presentando los datos más relevantes con la resolución 2115 del 2007, de tal manera saber que tan alejada esta la muestra de cumplir con los requisitos para ser consumida.

Tabla 6. Registro comparativo de muestra por temporada de sequía según la normativa

MUESTRAS: TEMPORADA DE SEQUIA ALMIDON DE PAPA								
Parámetros	Unidad	Fecha de la muestra tomada al 2023						Resolución 2115 de 2007
		15/05	13/06	15/06	20/06	21/06	21/09	
PH	Unidad de PH	8,24	8,32	8,39	8,53	8,5	7,93	6,0-9,0
Temperatura	°C	27,6	27,4	26,4	28	27,6	26,6	----
Turbidez	NTU	1,8	3,6	3,4	3,7	2,7	1,2	<2
Color	UPC	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<15
Alcalinidad Fenolftaleína	mg/L	0	0	0	0	0	0	<200
Alcalinidad Total	mg/L	115	102	111	115	115	67	

MUESTRAS: TEMPORADA DE SEQUIA SEMILLA DE TAMARINDO

Parámetros	Unidad	Fecha de la muestra tomada al 2023						Resolución 2115 de 2007
		15/05	13/06	15/06	20/06	21/06	21/09	
PH	Unidad de PH	8,33	8,45	8,34	8,55	8,51	8,1	6,0-9,0
Temperatura	°C	27,6	26,7	25,8	28,4	27,3	26,5	----
Turbidez	NTU	3,5	6,18	6,04	6,31	5,68	3,59	<2
Color	UPC	151	151	151	151	151	151	<15
Alcalinidad Fenolftaleína	mg/L	0	0	0	0	0	0	<200
Alcalinidad Total	mg/L	102	102	105	107	107	71	

MUESTRAS: TEMPORADA DE SEQUIA SULFATO DE ALUMINIO

Parámetros	Unidad	Fecha de la muestra tomada al 2023						Resolución 2115 de 2007
		15/05	13/06	15/06	20/06	21/06	21/09	
PH	Unidad de PH	7,1	7,78	6,76	6,75	6,72	7,96	6,0-9,0
Temperatura	°C	27,6	27,1	26	27,8	25,4	23,3	----
Turbidez	NTU	1,2	2,02	1,84	2,1	1,13	1,17	<2
Color	UPC	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<15
Alcalinidad Fenolftaleína	mg/L	0	0	0	0	0	0	<200
Alcalinidad Total	mg/L	61	21	36	34	29	15	

En primer lugar, los resultados dados en la tabla de la caracterización del coagulante de papa para la temporada de sequía, la turbidez cumple con los límites permisibles, ya que está por debajo de 4 NTU, teniendo en cuenta que en esta práctica no se desarrollan todos los procesos que se cumplen en una planta de tratamiento de agua potable. Por otro lado, el color y el PH fue favorable, ya que este último se mantuvo en el rango de 6-9 para las dos temporadas evaluadas, siendo así un agua levemente alcalina.

De igual forma, los parámetros del coagulante de semilla de tamarindo para la temporada de sequía se encuentran dentro de los límites permisibles de la resolución, sin embargo, cabe mencionar que esta coagulante tenía una particularidad en el color, la cual interfirió en el color aparente, dando resultados que exceden la normativa, no obstante, el color real de la muestra se encuentra por debajo de 15 UPC.

Tabla 7. Registro comparativo de muestra por temporada de lluvia según la normativa

MUESTRAS: TEMPORADA DE LLUVIA ALMIDON DE PAPA								
Parámetros	Unidad	Fecha de la muestra tomada al 2023						Resolución 2115 de 2007
		17/05	24/05	31/05	01/06	24/08	28/08	
PH	Unidad de PH	7,78	7,81	7,19	8,13	7,58	8,52	6,0-9,0
Temperatura	°C	25,6	25,4	24,2	25,1	27,5	28,1	----
Turbidez	NTU	10,6	16,5	2,69	6,11	9,4	13,5	<2
Color	UPC	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	<15
Alcalinidad Fenolftaleína	mg/L	0	0	0	0	0	0	<200
Alcalinidad Total	mg/L	65	94	90	88	77	126	

MUESTRAS: TEMPORADA DE LLUVIA SEMILLA DE TAMARINDO								
Parámetros	Unidad	Fecha de la muestra tomada al 2023						Resolución 2115 de 2007
		17/05	24/05	31/05	01/06	24/08	28/08	
PH	Unidad de PH	7,95	7,8	7,5	7,82	7,94	8,27	6,0-9,0
Temperatura	°C	24,9	24	24,9	25,5	27,8	28,1	----
Turbidez	NTU	12,8	21,8	3,59	2,9	12,9	11,5	<2
Color	UPC	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	<15
Alcalinidad Fenolftaleína	mg/L	0	0	0	0	0	0	<200
Alcalinidad Total	mg/L	96	86	90	90	98	130	

MUESTRAS: TEMPORADA DE LLUVIA SULFATO DE ALUMINIO								
Parámetros	Unidad	Fecha de la muestra tomada al 2023						Resolución 2115 de 2007
		17/05	24/05	31/05	01/06	24/08	28/08	
PH	Unidad de PH	7,22	6,24	6,21	6,83	7,12	7,32	6,0-9,0
Temperatura	°C	25,9	26	24,6	24,3	26,8	27,3	----
Turbidez	NTU	1,53	1,23	0,52	1,16	0,89	1,6	<2
Color	UPC	<5,00	<5,00	<5,00 0	<5,00 0	<5,00	<5,00	<15
Alcalinidad Fenolftaleína	mg/L	0	0	0	0	0	0	<200
Alcalinidad Total	mg/L	50	23	19	33	56	52	

En cuanto la temporada de lluvia para el coagulante de almidón de papa y semilla de tamarindo el resultado de turbiedad excede los valores permisibles de la resolución, a pesar de

que se logra remover hasta un 50% de turbiedad, este no fue suficiente, debido a la mayor cantidad de partículas suspendida en la muestra, como consecuencia del aumento de las precipitaciones. Con respecto al coagulante de semilla de tamarindo este obtuvo una turbiedad mayor, posiblemente atribuida al color aportado lo cual se logra fundamentar en la investigación (Méndez, Rodríguez, & Rodríguez 2022), en donde se menciona que las fuentes naturales contienen una gran carga de materiales en suspensión y coloidal, responsable de la turbidez y el color en los ríos.

Por último, la alcalinidad en las muestras de agua, tanto en la temporada de sequía y lluvia se mantuvo inferior a lo estipulado en la resolución 2115 de 2007. Siendo este rango menos probable de experimentar grandes cambios de acidez (Arboleda, 2000).

6.3 Establecer la eficiencia de la remoción de los coagulantes en estudio en el proceso de coagulación.

El propósito de la presente investigación es estudiar la eficiencia de la remoción de los coagulantes de almidón de papa y semilla de tamarindo comparándolo con el sulfato de aluminio en aguas crudas, teniendo en cuenta los procedimientos seguidos durante el tratamiento experimental y las variables que intervienen en él.

6.3.1 Calcular los porcentajes de turbidez de cada coagulante a evaluar

$$\% \text{ Eficiencia Remocion} = \frac{(t_1) - (t_2)}{(t_1)} \times 100$$

T₁= Turbiedad inicial de la muestra (NTU)

T₂= Turbiedad final de la muestra (NTU)

Tabla 8. Remoción de turbidez en temporada de lluvia

Base		Almidón de papa			Semilla de tamarindo			Sulfato de aluminio	
MI	DO	TF	RT	DO	TF	RT	DO	TF	RT
(NTU)	(mg/L)	(NTU)	(%)	(mg/L)	(NTU)	(%)	(mg/L)	(NTU)	(%)
21,2	120	10,6	50	90	12,8	40	120	1,53	93
33,4	120	16,5	51	90	21,8	35	120	1,23	96
11,4	120	2,69	75	120	3,59	69	210	0,52	95
13	120	6,11	37	120	2,9	78	210	1,16	91
25	120	9,4	62	150	12,9	48	210	0,89	96
42,2	120	13,5	68	120	11,5	72	210	1,6	96

Nota: MI=Muestra inicial; DO=Dosis optima; TF=Turbidez final; %RT=%Remoción de turbidez

Tabla 9. Remoción de turbidez en temporada de sequía

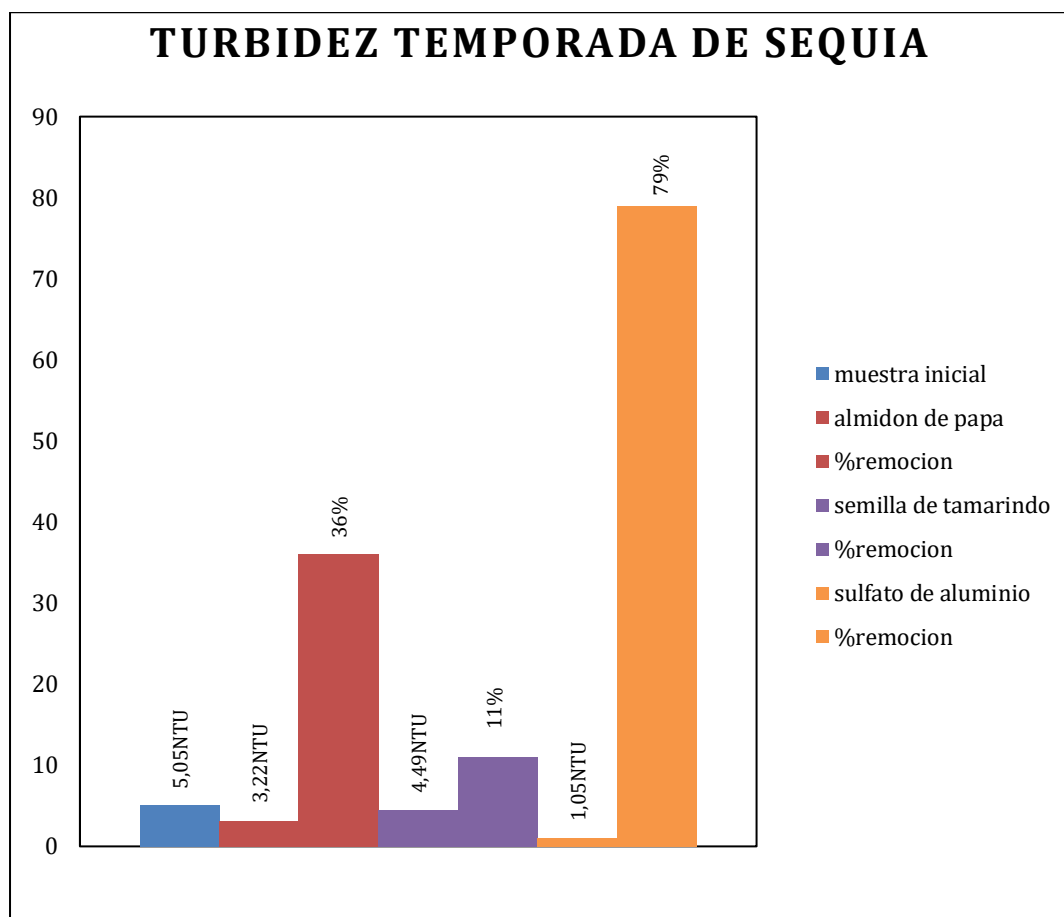
Base		Almidón de papa			Semilla de tamarindo			Sulfato de aluminio	
MI	DO	TF	RT	DO	TF	RT	DO	TF	RT
(NTU)	(mg/L)	(NTU)	(%)	(mg/L)	(NTU)	(%)	(mg/L)	(NTU)	(%)
5,13	120	1,79	65	30	3,09	40	150	0,63	88
3,89	90	3,50	10	90	5,21	-34	150	1,57	60
5,05	90	3,22	36	90	4,49	11	150	1,05	79
4,45	90	3,59	19	90	4,91	-10	120	0,99	78
4,49	90	2,4	47	90	4,4	2	150	1,03	77
1,26	90	1,13	10	90	2,49	-98	150	0,62	51

Nota: MI=Muestra inicial; DO=Dosis optima; TF=Turbidez final; %RT=%Remoción de turbidez

6.3.2 Comparación de la eficiencia de los coagulantes

Como se pudo observar en la tabla anterior de temporada de sequía los menores valores de turbiedad para almidón de papa y semilla de tamarindo se obtuvieron en las dosis de 120mg/L y 90mg/L (Ver -Anexo B) con un porcentaje de remoción del 65% para las primeras corridas y uno de 36% para dosis de 90mg/L en la tercera corrida, la cual sirve como referencia del comportamiento de las demás para el almidón de papa. En el caso del coagulante de semilla de tamarindo, este tuvo una remoción de 11%, siendo así, el que menos removió, lo cual se atribuye al color que adquirió la muestra, debido a los residuos de la cáscara de tamarindo que no alcanzaban a sedimentar en 30min. En comparación del sulfato de aluminio, que obtuvo un resultado de 65% de remoción. Aun así, los resultados de remoción de los coagulantes naturales se consideran aceptables, ya que estos tienen menor eficiencia en aguas con turbiedades bajas, como lo son las de las muestras de sequías.

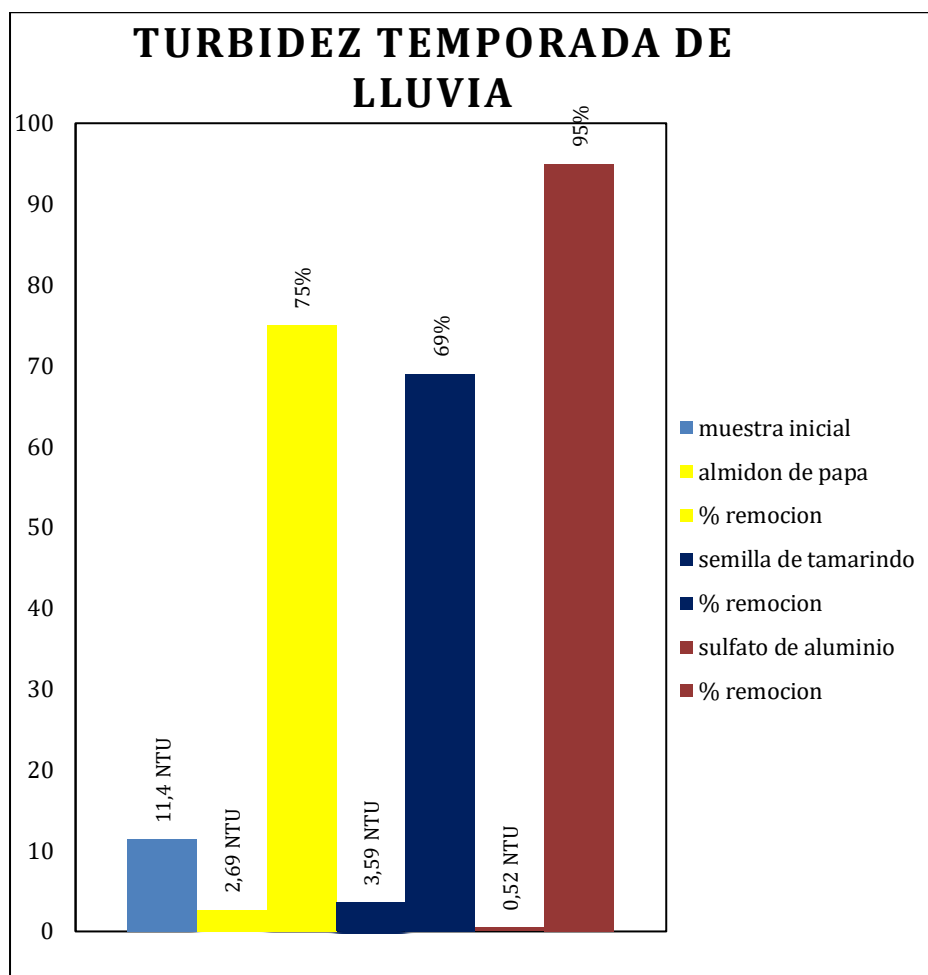
Figura 7. Remoción de turbidez en temporada de sequia



Fuente: autores, 2024

Para la temporada de lluvia, el porcentaje de remoción de turbidez fue más favorable que el anterior. Alcanzando valores de remoción de un 75% en una dosis óptima de 120mg/L para el almidón de papa y de un 69% para el de semilla de tamarindo, el cual a pesar de color que tiende a dar el coagulante, arrojó mayores resultados de remoción. De manera similar tuvo una reacción el coagulante de sulfato de aluminio, ya que este removió casi en su totalidad, debido a alta concentración de partículas en el agua.

Figura 8. Remoción de turbidez en temporada de lluvia



Fuente: autores, 2024

Por otro lado, el coagulante de almidón de papa y semilla de tamarindo en las dos temporadas tuvieron un PH promedio de 8, el cual, en relación con el sulfato de aluminio, estuvo más alto, debido a que este último se mantuvo en un PH neutro.

En cuanto a la alcalinidad del agua, para el coagulante de semilla de tamarindo y almidón de papa en las dos temporadas se obtuvieron valores 65 mg/L hasta 130mg/L, respectivamente, por el contrario del sulfato de aluminio que obtuvo valores menores de 61mg/L. No obstante, los resultados no afectan el sabor del agua ya que se encuentra en el rango establecido.

Con respecto al color en temporada de sequía se adquirió resultados menores de 5 UPC para el almidón de papa, mientras en el coagulante de semilla de tamarindo fue de 15, 1 siendo así, más alto que los del sulfato de aluminio. Así mismo se dieron los resultados para la temporada de lluvia, en donde el almidón de papa dio 10,1 y el de semilla 13,1.

En la DQO, el total de oxígeno se consideraron bajos ya que se trató aguas superficiales dando como resultados un rango de 100 a 80mg O₂/L en el proceso oxidativo en los desechos



del agua a tratar siendo el almidón de papa en temporada de lluvia el más alto. La degradación de contaminación de las aguas se obtuvo de la correlación DBO siendo el parámetro que determina el volumen de los desechos sólidos, los cuales se degradaron durante los 5 días en una temperatura de 20°C y, a su vez es el total de oxígeno que requieren los microorganismos para estabilizar los residuos biodegradables bajo condiciones aeróbicas como los resultados fueron menores de 20 mg/L DBO5 se consideró que el agua es potable por que se encuentra en los rangos normales 0 a 20mg/L en aguas analizadas.(Romero Shiguango 2019)

6.3.3 Diseño experimental

Para el análisis de varianza, se llevó a cabo una ANOVA donde se evaluó el efecto estadístico de distintos tipos y dosis de los coagulantes sobre los parámetros de evaluación del agua de estudio (pH, dosis), teniéndose en cuenta un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$). La comparación de medias fue realizada mediante Tukey.

Tabla 10. Representa el diseño experimental efectuado ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>MC</i>	<i>Valor F</i>	<i>Valor p</i>
<i>pH</i>	3	9,327	3,1090	5,74	0,002
<i>Dosis</i>	4	29,457	7,3644	13,60	0,000
<i>Error</i>	52	28,149	0,5413		
<i>Ajuste</i>	12	11,076	0,9230	2,16	0,034
<i>Error puro</i>	40	17,037	0,4268		
<i>Total</i>	59	66,934			

Se puede evidenciar que se obtuvo un coeficiente de regresión de 0.57 y que los valores obtenidos tienen un valor de $P < 0.05$, lo que determina que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de cada uno de los factores evaluados, es decir, que con diferentes dosis aplicadas de coagulante en distintos pH de agua patrón, se obtuvieron diferentes respuestas en la turbidez final y por lo tanto, diferentes valores en el porcentaje de remoción, confirmando el hecho de que los dos factores si cuentan con diferencias significativas y tienen efecto sobre la turbidez final.

Así mismo, se evidencia que la dosis de coagulante y el pH del agua patrón influyen y se tiene en cuenta que no se observaron variables como la temperatura o velocidades de mezcla, ya que los ensayos del test de jarras se ejecutaron a una temperatura de 25 °C en condiciones de laboratorio y velocidades de mezcla rápida y lenta de 100 rpm y 40 rpm, respectivamente. '

Se realizó el cálculo de la desviación estándar. La desviación estándar en el proceso mide cuanto se dispersan los valores en torno a su promedio, se tiene en cuenta que entre mayor es la desviación estándar, mayor es su dispersión generando una medida de riesgo en el cual los datos obtenidos no poseen una confiabilidad concreta 89, el valor de desviación es de 1.294, siendo este un valor adecuado para el desarrollo experimental planteado, donde las diferencias no son estadísticamente significativas.



Tabla 11. Desviación estándar

Estadísticas	% de remoción
N	60
Media	94,824
IC de 95%	(94.5, 95.2)
Desviación estándar	1.294

Durante la prueba de jarras, se observó que, al incrementar la dosis de concentración de los tratamientos, el tamaño de los flóculos era mayor, con una rápida velocidad de sedimentación, debido, posiblemente, al mecanismo de coagulación que presenta el coagulante natural.

Asumiendo el propósito de la determinación del pH y la dosis optima de coagulante se determinan que con un desarrollo experimental y teniendo en cuenta las especificaciones dadas en el diseño de experimentos, el valor óptimo de dosis es de 90 mg/L para temporadas de sequía y 120 a 150mg/L en temporada de lluvia, que indica el uso de 6 ml y 7,5 ml de coagulante por 1 L de agua en un valor de pH de 7.



7. Conclusiones

Primeramente, podemos inferir que los coagulantes de almidón de papa y semilla de tamarindo en la trazabilidad del agua, tienen un aporte significativo en la remoción de la turbidez, en especial cuando esta tiene gran turbiedad inicial, es decir; en la temporada de lluvia, ya que es cuando mayor carga coloidal presenta la muestra y mejores resultados de remoción arroja. Esto se puede evidenciar en la eficiencia de ambos coagulantes, en donde se logra remover hasta un 78% con una diferencia del 11% con respecto al sulfato de aluminio, evidenciando así que el coagulante natural más eficiente es el almidón de papa ya que este, es el que mayor remueve.

Por otro lado los resultados más favorables de los coagulantes presentan diferencia en la dosificación según la temporada, en donde para lluvia, la mayor remoción se da en las dosis optima de 120mg/L, mientras que para la temporada de sequía la mayor remoción se da en la dosis optima de 90mg/L para ambos coagulantes.

Por último, podemos mencionar que la utilización de los coagulantes naturales; semilla de tamarindo y almidón de papa en la remoción de la turbiedad del Rio Simiti sería viable, debido a la poca variación del pH en el tratamiento y la factibilidad para elaborar los coagulantes a partir de papa y semilla de tamarindo, así mismo, los resultados finales de turbiedad fueron favorables, aun así se podría completar el tratamiento con otro proceso, el cual permita disminuir aún más la remoción, de tal manera que esta cumpla con la normativa vigente.



8. Recomendaciones

Considerando la importancia de las diferentes metodologías para el desarrollo de los coagulantes utilizados en el tratamiento de aguas superficiales, en cuanto a la realización del coagulante de semilla de tamarindo se recomienda separar la cascara de la semilla, con el fin de evitar la coloración que aporta este, ya que afecta en la turbiedad y color de las muestras.

Para potenciar el porcentaje de remoción se sugiere llevar a cabo en las pruebas del test de jarra diferentes dosis para cada temporada, dado que se observa que conforme aumenta la turbidez del agua, también aumenta la dosis, no obstante, para la temporada de sequía debido a la baja carga coloidal sus dosis deberían disminuir.

Referencias Bibliográficas

- Arboleda, J., Teoría y práctica de la purificación del agua, 31, Editorial Mc Graw Hill, Bogotá (2000) <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/teoria.pdf>
- Arcila, H. R., & Jaramillo, J. (2014). Uso potencial de agentes clarificantes y desinfectantes de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos. *Ingeniería solidaria*, 10(17), 139-151. <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/813/772>
- Banchón, C., Baquerizo, R., Muñoz, D., & Zambrano, L. (2016). Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. *EnfoqueUTE*, 7(4), 111-126. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v7n4/1390-6542-enfoqueute-7-04-00111.pdf>
- Bretas, F., Casanova, G., Crisman, T. L., Embid, A., Martin, L., & Miralles, F. (2020). Agua Para el Futuro: Estrategia de Seguridad Hídrica para América Latina y el Caribe. https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3226&context=geo_facpub
- Castellanos Beltrán, L. S., & Martin Daza, M. A. (2020). *Desarrollo de un coagulante orgánico a partir de la semilla de moringa para empresa Comercial Dacetex Ltda* (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América). <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7789/1/6151576-2020-I-IQ.pdf>
- Chalco Flores, M. H. (2016). Determinación de la eficiencia del almidón de papa (*Solanum Tuberosum*) como auxiliar de coagulación del sulfato de aluminio en la remoción de turbidez del agua del río Caplina. <http://redi.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2463>
- Choque-Quispe, D., Choque-Quispe, Y., Solano-Reynoso, A. M., & Ramos- Pacheco, B. S. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *Tecnología Química*, 38(2), 298-309. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v38n2/rtq08218.pdf>
- Chulluncuy-Camacho, N. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, (029), 153-171. <file:///C:/Users/Maria%20Jose/Downloads/232-Texto%20del%20art%C3%ADculo-694-1-10-20150311.pdf>
- FERIA, J. J., ALTAMIRANDA, J. E., & SOTO, C. H. Uso de semillas de Tamarindus indica como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda. *Revista ESPACIOS*. ISSN, 798, 1015. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n38/a20v41n38p17.pdf>
- Freeman, A. M. (1987). *Control de la contaminación del agua y el aire: evaluación de costo-beneficio* (No. 363.73946 F7C6). Limusa. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGRISUM.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=000143>
- Fúquene, D. M., & Yate, A. V. (2018). Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales. *Documentos de Trabajo ECAPMA*, <file:///C:/Users/Maria%20Jose/Downloads/2771-Texto%20del%20art%C3%ADculo-8143-2-10-20201125.pdf>
- Guzmán, L., Taron, A. A., & Nuñez, A. (2015). Polvo de la semilla Cassia fistula como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda. *Biotechnología en el sector*



- Agropecuaria y Agroindustrial*, 13(2), 123-129. https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/411/57_5
<https://isa.ec/prueba-de-jarras/>
- Herrera, M. E. T. (2015). Evaluación del almidón de papa como floculante para el tratamiento de aguas residuales domésticas. @ *limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 13(2), 123-135. http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/1877/1027_#
- Ibarra Peñaranda, N. E. (2016). Análisis de filtros caseros como técnica de potabilización del agua en el sector rural colombiano. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/6228/27722899.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jara Vasquez, S. M. (2018). Uso del coagulante natural extraído de la semilla de tamarindo “Tamarindus indica L.” para reducir solidos coloidales en laboratorio de las aguas del río Lurín, Lima-2018. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/19288/Jara_VSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lorenzo-Acosta, Y. (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 40(2), 10-17 <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120664002.pdf>
- Malqui, R., & Estefany, K. (2017). Disminución del contenido de la DBO5 y la DQO mediante coagulantes naturales (Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica) en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta–San Martín de Porres. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/3588/Razuri_MK_E.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Méndez-Cantillo, N., Rodríguez-Díaz, Y. J., & Rodríguez-Jiménez, D. M. (2022). Análisis del plátano y banano (Musa paradisiaca L.) como coagulante para el tratamiento de afluentes. *Información tecnológica*, 33(6), 125-134. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642022000600125&script=sci_arttext&tlng=en
- Mendoza, J. A. S. P. (2015). Agua. *Cultura Científica y Tecnológica*, (15). <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culecyt/article/viewFile/508/487>
- Molina, J. E., & Morales, S. A. (2018). El derecho humano al agua potable en Colombia: decisiones del estado y de los particulares. *Vniversitas*, 67(136), 1-14. [file:///C:/Users/Maria%20Jose/Downloads/19810-Texto%20del%20artículo-88428-1-10-20180802%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Maria%20Jose/Downloads/19810-Texto%20del%20artículo-88428-1-10-20180802%20(1).pdf)
- Molina, N. F., Rodríguez, E. J. M., & Ariza, C. P. (2016). Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del Al2 (SO4) 3 para clarificación de aguas. *Producción+Limpia*, 11(2). <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/1238/1029>
- Moreira-Colletti, G., Pereira-Tangerino, E., & Sánchez-Ortiz, I. A. (2016). Aplicación de electrólisis con adición de sales para remoción de color en potabilización de agua. *Revista Facultad de Ingeniería*, 25(43), 47-57. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfing/v25n43/v25n43a04.pdf>



- Ojeda Báez, L. F. (2012). *Determinación de la eficiencia de las características coagulantes y floculantes del Tropaeolum Tuberosum, en el tratamiento del agua cruda de la planta de Puengasí de la EPMAPS* (Bachelor's thesis).
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3866/1/UPS-QT03424.pdf>
- Okuda, T.; Baes, A. U.; Nishijima, W. & Okada, M. (2001). Isolation and Characterization of Coagulant Extracted from Moringa oleifera Seed by Salt Solution. *Water Research*, 35(2), 405-410.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135400002906>
- Paula Catalina Sanchez Pulido Y Jhon Leonardo Alonso Rio (2017) PROPUESTA DE MEJORA PARA LA PLANTA DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A. <file:///C:/Users/Maria%20Jose/Documents/metologia%20de%20investigacion/6111635-2017-1-IQ.pdf>
- Pumacayo, A., Guibell, S., & Guzman Coarita, L. G. (2018). Evaluación de la eficiencia inhibidora de corrosión de almidones de papa modificados en hierro fundido dúctil aplicado en Agua Potable (La Tomilla i). <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5916>
- Romero Shiguango, L. E. (2019). *Evaluación de la utilización del almidón de papa, yuca y banano como bio coagulantes para el tratamiento de aguas de una industria láctea* (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2019). <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/11565>
- Romero, M. (2008). Tratamientos utilizados en potabilización de agua. *Boletín Electrónico [Internet]. [citado 2012 jun 16]*, 8, 1-12. <http://www.ozonoalbacete.es/wp-content/uploads/2011/08/estudio-agua-ozono.pdf>
- Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. *Modulo Arquitectura CUC*, 17, 29-48. https://revistascientificas.cuc.edu.co/moduloarquitecturacuc/article/view/1527/pdf_84
- Salgado Lozano, M. A. (2018). Evaluación de las semillas de tamarindo (Tamarindus indica) en la remoción de turbidez de aguas superficiales.
<https://repositorio.unisucree.edu.co/bitstream/001/642/1/T581.64%20S164.pdf>
- Silva, G. S. E., Browne, M. S. M., Hernández, Z. J. S., Toxtle, T. J. S., & Pérez, A.R. FUNCIONES DEL AGUA Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO.
http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/red_ambiental/resources/PDFContent/24/FUNCIONESDELAGUAYSISTEMASDETRATAMIENTO.pdf
- Tarazona Barajas, J. A., & Riaño Mendez, F. W. (2015). *Coagulantes-Floculantes Polimericos De Origen Natural Para Potabilizacion De Agua* (Doctoral dissertation, Universidad Industrial de Santander, Escuela De Quimica). <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/39218/1/156218.pdf>
- Tognelli, M. F., Lasso, C. A., Bota-Sierra, C. A., Jiménez-Segura, L. F., & Cox, N.A. (2016). Estado de conservación y distribución de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales. *UICN. Gland, Cambridge y Arlington: UICN*.
https://www.researchgate.net/profile/Cornelio_Bota-Sierra/publication/308880019_Estado_de_Conseervacion_y_Distribucion_de



la Biodiversidad de Agua Dulce en los Andes Tropicales/links/57f40e7008ae91deaa5ad3eb.pdf

- Toro, M. T. G., Acedo, M. A. D., & Niño, L. V. M. (2015). Ideas alternativas de los alumnos de secundaria sobre las propiedades físicas y químicas del agua. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (37).<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/3252>
- Torra, A., Valero, F., Bisbal, J. L., Tous, J. F., & Aribau, A. T. L. A. (1998). Policloruro de aluminio en el proceso de potabilización de aguas superficiales. *Recuperado a partir de* <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/policloruro.pdf>.
https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/policloruro_aluminio.pdf
- Tovar, M. E. H. (2019). EVALUACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA COMO FLOCULANTE EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS. *REVISTA AMBIENTAL AGUA, AIRE Y SUELO*, 6(1).http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RA/article/view/3243/1922
- Villega Posada, F. A. (1999). *Evaluación y control de la contaminación* (No. Doc. 21316) CO-BAC, Bogotá).<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=044862>

Anexos

Anexo A.

Registro de los procedimientos en el laboratorio





Anexo B.

Memoria de tomas de muestra

TEMPORADA DE SEQUIA									
Coagulante de almidón de papa									
FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad		
							Anaranjado de metilo		Fenolftaleína
15 de mayo del 2023	30	2,17	58	7,97	< 5,00	27,4	5,4	103	0 0
	60	1,81	65	8,16	< 5,00	27,4	5,2	100	0 0
	90	1,83	64	8,2	< 5,00	27,5	5,4	103	0 0
	120	1,79	65	8,24	< 5,00	27,6	6	115	0 0
	150	1,83	64	8,39	< 5,00	27,6	5,6	107	0 0
	0	2,01	61	8,08	< 5,00	27,4	5,2	100	0 0

TEMPORADA DE SEQUIA									
Semilla de Tamarindo									
FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad		
							Anaranjado de metilo		Fenolftaleína
15 de mayo del 2023	30	3,09	40	8,21	151	27,4	5,1	98	0 0
	60	3,18	38	8,14	151	27,4	5,5	105	0 0
	90	3,15	39	8,31	151	27,5	5,4	103	0 0
	120	3,5	32	8,33	151	27,6	5,3	102	0 0
	150	3,48	32	8,33	151	27,6	5,1	98	0 0
	0	2,47	52	8,19	151	27,4	5,2	100	0 0

TEMPORADA DE SEQUIA
Coagulante de sulfato de aluminio

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo		Fenolftaleína	
15 de mayo del 2023	30	1,78	65	7,8	< 5,00	27,4	5	96	0	0
	60	1,87	64	7,32	< 5,00	27,4	4,3	82	0	0
	90	2,24	56	7,24	< 5,00	27,5	3,8	73	0	0
	120	1,2	77	7,1	< 5,00	27,6	3,2	61	0	0
	150	0,63	88	7,12	< 5,00	27,6	3,4	65	0	0
	0	2,13	58	8,27	< 5,00	27,4	5,4	103	0	0

TEMPORADA DE SEQUIA
Coagulante de almidón de papa

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo		Fenolftaleína	
13 de junio del 2023	90	3,50	10	7,53	< 5,00	27,9	5,4	103	0	0
	120	3,56	8	7,9	< 5,00	26,8	5,7	109	0	0
	150	3,67	6	8,21	< 5,00	27,3	5,5	105	0	0
	180	3,63	7	8,32	< 5,00	27,4	5,3	102	0	0
	210	3,65	6	8,4	< 5,00	28,5	5,5	105	0	0
	0	3,22	17	8,43	< 5,00	28,9	5,4	103	0	0

TEMPORADA DE SEQUIA

Semilla de tamarindo

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo	Fenolftaleína		
13 de junio del 2023	90	5,21	-34	8,25	151	26,7	5,8	111	0	0
	120	5,57	-43	8,38	151	25,5	5,1	98	0	0
	150	5,78	-49	8,35	151	26,6	5	96	0	0
	180	6,18	-59	8,45	151	26,7	5,3	102	0	0
	210	6,69	-72	8,49	151	26,6	5	96	0	0
	0	3,11	20	8,54	151	26,6	5,2	100	0	0

TEMPORADA DE SEQUIA

Sulfato de aluminio

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo	Fenolftaleína		
13 de junio del 2023	90	1,55	60	7,31	< 5,00	27,1	4,3	82	0	0
	120	2,11	46	7,28	< 5,00	27,1	3	57	0	0
	150	1,57	60	7,06	< 5,00	27,1	1,6	31	0	0
	180	2,02	48	7,78	< 5,00	27,1	1,1	21	0	0
	210	1,97	49	6,46	< 5,00	27,1	0,8	15	0	0
	0	2,21	43	8,23	< 5,00	27,1	5,6	107	0	0

TEMPORADA DE SEQUIA
Coagulante de almidón de papa

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo		Fenolftaleína	
15 de junio del 2023	90	3,22	36	8,11	< 5,00	26,5	5,5	105	0	0
	120	3,42	32	8,21	< 5,00	26,5	5,8	111	0	0
	150	3,41	32	8,34	< 5,00	26,4	5,6	107	0	0
	180	3,39	33	8,39	< 5,00	26,4	5,8	111	0	0
	210	3,52	30	8,43	< 5,00	26,3	5,8	111	0	0
	0	3,11	38	8,48	< 5,00	26,3	5,6	107	0	0

TEMPORADA DE SEQUIA
Coagulante de semilla de tamarindo

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo		Fenolftaleína	
15 de junio del 2023	90	4,49	11	7,51	151	25,5	6,3	121	0	0
	120	5,04	0	8,26	151	25,8	5,7	109	0	0
	150	5,11	-1	8,25	151	25,4	6,1	117	0	0
	180	6,04	-20	8,34	151	25,8	5,5	105	0	0
	210	6,4	-27	8,34	151	25,8	5,7	109	0	0
	0	2,73	46	8,46	151	25,8	5,5	105	0	0

TEMPORADA DE SEQUIA
Coagulante de sulfato de aluminio

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo		Fenolftaleína	
15 de junio del 2023	90	1,66	67	7,29	< 5,00	25,8	4,9	94	0	0
	120	1,47	71	7,26	< 5,00	25,8	2,1	40	0	0
	150	1,05	79	7,04	< 5,00	25,9	2,8	54	0	0
	180	1,84	64	6,76	< 5,00	26	1,9	36	0	0
	210	1,78	65	6,4	< 5,00	25,9	1,5	29	0	0
	0	2,08	59	7,54	< 5,00	25,9	5,6	107	0	0

TEMPORADA DE SEQUIA
Coagulante de almidón de papa

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo		Fenolftaleína	
20 de junio del 2023	90	3,59	19	8,16	< 5,00	27,9	7	134	0	0
	120	3,86	13	8,36	< 5,00	27,9	6,5	125	0	0
	150	3,82	14	8,43	< 5,00	27,9	6,2	119	0	0
	180	3,7	17	8,53	< 5,00	28	6	115	0	0
	210	3,88	13	8,49	< 5,00	28	5,8	111	0	0
	0	3,37	24	8,58	< 5,00	28	6	115	0	0

TEMPORADA DE SEQUIA
Coagulante de semilla de tamarindo

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo		Fenolftaleína	
20 de junio del 2023	90	4,91	-10	8,4	151	28,3	6,4	123	0	0
	120	5,27	-18	8,51	151	28,4	6,1	117	0	0
	150	5,81	-31	8,54	151	28,3	5,7	109	0	0
	180	6,31	-42	8,55	151	28,4	5,6	107	0	0
	210	7,41	-67	8,56	151	28,3	5,9	113	0	0
	0	2,96	33	8,59	151	28,3	5,6	107	0	0

TEMPORADA DE SEQUIA
Coagulante de sulfato de aluminio

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo		Fenolftaleína	
20 de junio del 2023	90	1,48	67	7,6	< 5,00	27,8	4	77	0	0
	120	0,99	78	7,34	< 5,00	27,7	2,8	54	0	0
	150	1,18	73	7,8	< 5,00	27,8	2,2	42	0	0
	180	2,1	53	6,75	< 5,00	27,8	1,8	34	0	0
	210	1,29	71	6,46	< 5,00	27,7	0,7	13	0	0
	0	2,79	37	8,31	< 5,00	27,7	5,9	113	0	0

TEMPORADA DE SEQUIA

Coagulante de almidón de papa

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo	Fenolftaleína		
21 de junio del 2023	90	2,4	46,548	8,4	< 5,00	27,4	6,4	123	0	0
	120	2,48	44,766	8,46	< 5,00	27,4	5,6	107	0	0
	150	2,48	44,766	8,52	< 5,00	27,5	5,7	109	0	0
	180	2,67	40,535	8,5	< 5,00	27,6	6	115	0	0
	210	2,67	40,535	8,5	< 5,00	27,5	5,5	105	0	0
	0	2,16	51,893	8,5	< 5,00	27,5	5,9	113	0	0

TEMPORADA DE SEQUIA

Coagulante de sulfato de aluminio

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo	Fenolftaleína		
21 de junio del 2023	90	2,35	47,661	7,59	< 5,00	26	3,5	67	0	0
	120	2	55,457	7,31	< 5,00	25,7	2,9	56	0	0
	150	1,03	77,060	7,08	< 5,00	25,6	2,2	42	0	0
	180	1,13	74,833	6,72	< 5,00	25,4	1,5	29	0	0
	210	1,43	68,151	6,44	< 5,00	25,3	1,1	21	0	0
	0	2,55	43,207	8,35	< 5,00	25	5,7	109	0	0

TEMPORADA DE SEQUIA

Coagulante de almidón de papa

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo	Fenolftaleína		
21 de septiembre del 2023	90	1,13	10,317	8,91	< 5,00	26,6	3,2	61	0	0
	120	1,16	7,937	8	< 5,00	26,6	3,1	59	0	0
	150	1,17	7,143	7,95	< 5,00	26,6	3,2	61	0	0
	180	1,2	4,762	7,93	< 5,00	26,6	3,5	67	0	0
	210	1,25	0,794	7,95	< 5,00	26,6	3,5	67	0	0
	0	1,06	15,873	7,99	< 5,00	26,6	3	57	0	0

TEMPORADA DE SEQUIA

Coagulante de semilla de tamarindo

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo	Fenolftaleína		
21 de septiembre del 2023	90	2,49	-98	8,27	151	26,9	3,7	71	0	0
	120	3,39	-169	8,13	151	26,8	3,5	67	0	0
	150	3,6	-186	8,04	151	26,7	3,3	63	0	0
	180	3,59	-185	8,1	151	26,5	3,7	71	0	0
	210	4,45	-253	8,14	151	26,4	3,7	71	0	0
	0	1,15	9	8,19	151	26,2	3,4	65	0	0

TEMPORADA DE SEQUIA
Coagulante de sulfato de aluminio

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo		Fenolftaleína	
21 de septiembre del 2023	90	0,98	22	8,55	< 5,00	24,4	2	38	0	0
	120	0,87	31	8,67	< 5,00	24	1	19	0	0
	150	0,62	51	7,83	< 5,00	24,1	1,5	29	0	0
	180	1,17	7	7,96	< 5,00	23,3	0,8	15	0	0
	210	1,26	0	7,86	< 5,00	23,3	1,1	21	0	0
	0	1,12	11	8,01	< 5,00	23,3	3,5	67	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA
Coagulante de almidón de papa

<i>FECHA</i>	<i>Dosis de coagulante mg/l</i>	<i>Turbidez (NTU)</i>	<i>Remoción de turbidez %</i>	<i>PH</i>	<i>Color</i>	<i>Temperatura (°c)</i>	<i>Alcalinidad</i>			
							<i>Anaranjado de metilo (ml)</i>		<i>Fenolftaleína</i>	
17 de mayo del 2023	30	11,9	43,868	7,76	10,1	26,6	3,7	71	0	0
	60	11,4	46,226	7,74	10,1	26,2	4,6	88	0	0
	90	11,1	47,642	7,75	10,1	25,9	3,5	67	0	0
	120	10,6	50,000	7,78	10,1	25,6	3,4	65	0	0
	150	10,8	49,057	7,8	10,1	25,4	3,6	69	0	0
	0	10,5	50,472	7,83	10,1	25,2	3,9	75	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA

semilla de tamarindo

<i>FECHA</i>	<i>Dosis de coagulante mg/l</i>	<i>Turbidez (NTU)</i>	<i>Remoción de turbidez %</i>	<i>PH</i>	<i>Color</i>	<i>Temperatura (°c)</i>	<i>Anaranjado de metilo (ml)</i>	<i>Alcalinidad</i>	<i>Fenolftaleína</i>	
17 de mayo del 2023	30	14	33,962	7,92	13,1	25,4	3,5	67	0	0
	60	14,2	33,019	7,91	13,1	25,2	5	96	0	0
	90	12,8	39,623	7,95	13,1	24,9	5	96	0	0
	120	13,5	36,321	7,88	13,1	24,7	4,8	92	0	0
	150	13,3	37,264	7,89	13,1	24,5	4,8	92	0	0
	0	10,2	51,887	7,93	13,1	24,3	4,9	94	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA

Sulfato de aluminio

<i>FECHA</i>	<i>Dosis de coagulante mg/l</i>	<i>Turbidez (NTU)</i>	<i>Remoción de turbidez %</i>	<i>PH</i>	<i>Color</i>	<i>Temperatura (°c)</i>	<i>Anaranjado de metilo (ml)</i>	<i>Alcalinidad</i>	<i>Fenolftaleína</i>	
17 de mayo del 2023	30	1,99	90,613	7,98	< 5,00	26	4,6	92	0	0
	60	2,99	85,896	7,5	< 5,00	26,3	3,5	70	0	0
	90	1,73	91,840	7,38	< 5,00	25,6	3,5	70	0	0
	120	1,53	92,783	7,22	< 5,00	25,9	2,5	50	0	0
	150	0,96	95,472	6,95	< 5,00	25,6	1,6	32	0	0
	0	10,13	52,217	7,14	< 5,00	25,6	5,4	108	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA

Almidón de papa

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo (ml)		Fenolftaleína	
24 de mayo del 2023	30	16,5	50,599	7,8	10,1	25,8	3,5	67	0	0
	60	17	49,102	7,73	10,1	25,4	5,5	105	0	0
	90	17,5	47,605	7,8	10,1	25,6	4,9	94	0	0
	120	16,5	50,599	7,81	10,1	25,4	4,9	94	0	0
	150	16,5	50,599	7,82	10,1	25,6	4,6	88	0	0
	0	17,7	47,006	7,87	10,1	25,7	4,8	92	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA

Semilla de tamarindo

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo (ml)		Fenolftaleína	
24 de mayo del 2023	30	24,6	26,347	7,83	13,1	24,2	4,3	82	0	0
	60	23,4	29,940	7,88	13,1	24,5	4,6	88	0	0
	90	21,8	34731	7,8	13,1	24	4,5	86	0	0
	120	23,8	28,743	7,86	13,1	24,2	4,6	88	0	0
	150	23,3	30,240	7,85	13,1	24,2	4,5	86	0	0
	0	20	40,120	7,88	13,1	23,8	4,7	90	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA

Sulfato de aluminio

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo (ml)		Fenolftaleína	
24 de mayo del 2023	30	3,3	90,120	7,4	< 5,00	26,4	2,5	48	0	0
	60	1,64	95,090	6,82	< 5,00	26,3	1,5	29	0	0
	90	1,6	95,210	6,53	< 5,00	26,1	1,3	25	0	0
	120	1,23	96,317	6,24	< 5,00	26	1,2	23	0	0
	150	1,1	96,707	5,74	< 5,00	26	1	19	0	0
	0	17,7	47,006	7,09	< 5,00	25,9	5	96	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA

Almidón de papa

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo (ml)		Fenolftaleína	
31 de mayo del 2023	90	2,87	74,825	7,52	10,1	24,8	4,9	94	0	0
	120	2,69	76,404	7,62	10,1	24,5	4,8	92	0	0
	150	2,96	74,035	7,34	10,1	24,1	4,9	94	0	0
	180	3,31	70,965	7,19	10,1	24,2	4,7	90	0	0
	210	3,17	72,193	7,28	10,1	24,3	4,5	86	0	0
	0	2,8	75,439	7,29	10,1	24	5,8	111	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA

Semilla de tamarindo

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Anaranjado de metilo (ml)	Alcalinidad Fenolftaleína		
31 de mayo del 2023	90	3,64	68,070	7,7	13,1	25	5,3	102	0	0
	120	3,59	68,509	7,75	13,1	25	6,2	119	0	0
	150	3,68	67,719	7,5	13,1	24,9	4,7	90	0	0
	180	4,7	58,772	7,52	13,1	24,7	5	96	0	0
	210	4,38	61,579	7,6	13,1	24,7	4,9	94	0	0
	0	1,17	89,737	7,51	13,1	24,5	5	96	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA

Sulfato de aluminio

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Anaranjado de metilo (ml)	Alcalinidad Fenolftaleína		
31 de mayo del 2023	90	1,82	84,035	6,91	< 5,00	25	2,8	54	0	0
	120	1,19	89,561	6,67	< 5,00	24,6	1,8	34	0	0
	150	1,17	89,737	6,34	< 5,00	24,5	1	19	0	0
	180	0,9	92,105	6,21	< 5,00	24,6	1	19	0	0
	210	0,52	95,439	5,84	< 5,00	24,6	0,6	11	0	0
	0	1,78	84,386	6,63	< 5,00	24,7	4,6	88	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA
Coagulante de almidón de papa

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo (ml)	Fenolftaleína		
1 de junio del 2023	90	6,89	38,462	8,5	10,1	25,4	5	96	0	0
	120	6,11	37,315	8,25	10,1	25,1	5	96	0	0
	150	7,88	39,385	8,19	10,1	25,2	4,9	94	0	0
	180	8,09	37,769	8,13	10,1	25,1	4,6	88	0	0
	210	7,09	45,462	8,16	10,1	25	4,6	88	0	0
	0	7,4	43,077	8,08	10,1	24,7	4,8	92	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA
Coagulante de semilla de tamarindo

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo (ml)	Fenolftaleína		
1 de junio del 2023	90	3,5	73,077	7,86	13,1	26	4,3	82	0	0
	120	2,9	77,692	7,84	13,1	25,5	5,2	100	0	0
	150	4,8	63,077	7,82	13,1	25,5	4,7	90	0	0
	180	4,8	63,077	7,83	13,1	25,1	5	96	0	0
	210	4,9	62,308	7,9	13,1	25,3	5	96	0	0
	0	5	61,538	7,91	13,1	25,3	5	96	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA
Coagulante de sulfato de aluminio

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Anaranjado de metilo (ml)		Fenolftaleína	
1 de junio del 2023	90	4,41	66,077	7,66	< 5,00	24,4	3	57	0	0
	120	3,9	70,000	7,36	< 5,00	24,4	2,6	50	0	0
	150	3,96	69,538	7,13	< 5,00	24	2,3	44	0	0
	180	3,27	74,846	6,83	< 5,00	24,3	1,7	33	0	0
	210	1,16	91,077	6,6	< 5,00	24	1,3	25	0	0
	0	7,5	42,308	6,98	< 5,00	24,1	5	96	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA
Coagulante de almidón de papa

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Anaranjado de metilo (ml)		Alcalinidad Fenolftaleína	
24 de agosto de 2023	90	10,5	58,000	7,5	10,1	26,1	4,6	88	0	0
	120	9,4	62,400	7,54	10,1	27,2	4,4	84	0	0
	150	10	60,000	7,56	10,1	27,2	4,5	86	0	0
	180	10,7	57,200	7,58	10,1	27,5	4	77	0	0
	210	10,8	56,800	7,6	10,1	27,6	3,5	67	0	0
	0	10,9	56,400	7,65	10,1	27,6	4,9	94	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA

Coagulante de semilla de tamarindo

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo (ml)		Fenolftaleína	
24 de agosto de 2023	90	13	48,000	7,8	13,1	27,6	4,5	86	0	0
	120	13,2	47,200	7,82	13,1	27,6	5	96	0	0
	150	12,9	48,400	7,94	13,1	27,8	5,1	98	0	0
	180	13,4	46,400	7,86	13,1	27,8	4,8	92	0	0
	210	13,3	46,800	7,79	13,1	27,9	4,8	92	0	0
	0	10	60,000	8	13,1	27,9	4,9	94	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA

Coagulante de sulfato de aluminio

FECHA	Dosis de coagulante mg/l	Turbidez (NTU)	Remoción de turbidez %	PH	Color	Temperatura (°c)	Alcalinidad			
							Anaranjado de metilo (ml)		Fenolftaleína	
24 de agosto de 2023	90	1,9	92,400	7,4	< 5,00	26,4	4,7	90	0	0
	120	2,9	88,400	7,5	< 5,00	26,5	3,6	69	0	0
	150	1,65	93,400	7,39	< 5,00	26,8	3,6	69	0	0
	180	1,57	93,720	7,12	< 5,00	26,8	2,9	56	0	0
	210	0,89	96,440	6,95	< 5,00	26,9	1,8	34	0	0
	0	6	76,000	7,15	< 5,00	27,1	5,4	103	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA
Coagulante de almidón de papa

<i>FECHA</i>	<i>Dosis de coagulante mg/l</i>	<i>Turbidez (NTU)</i>	<i>Remoción de turbidez %</i>	<i>PH</i>	<i>Color</i>	<i>Temperatura (°c)</i>	<i>Alcalinidad</i>			
							<i>Anaranjado de metilo (ml)</i>		<i>Fenolftaleína</i>	
28 de agosto de 2023	90	14,5	65,640	7,75	10,1	28,5	6,7	128	0	0
	120	13,5	68,009	8,28	10,1	28,2	6,5	125	0	0
	150	14,2	66,351	8,43	10,1	28,1	6,8	130	0	0
	180	14,8	64,929	8,52	10,1	28,1	6,6	126	0	0
	210	14,8	64,929	8,6	10,1	28,1	6,6	126	0	0
	0	15,5	63,270	8,66	10,1	28	6,9	132	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA
Coagulante de semilla de tamarindo

<i>FECHA</i>	<i>Dosis de coagulante mg/l</i>	<i>Turbidez (NTU)</i>	<i>Remoción de turbidez %</i>	<i>PH</i>	<i>Color</i>	<i>Temperatura (°c)</i>	<i>Alcalinidad</i>			
							<i>Anaranjado de metilo (ml)</i>		<i>Fenolftaleína</i>	
28 de agosto de 2023	90	13,1	68,957	7,81	13,1	28,1	6,7	128	0	0
	120	11,5	72,749	7,96	13,1	28,1	6,7	128	0	0
	150	14,1	66,588	8,27	13,1	28,1	6,8	130	0	0
	180	15	64,455	8,34	13,1	27,9	7	134	0	0
	210	15,6	63,033	8,55	13,1	27,6	6,9	132	0	0
	0	13,9	67,061	8,66	13,1	27,5	6,6	126	0	0

TEMPORADA DE LLUVIA
coagulante de Sulfato de aluminio

<i>FECHA</i>	<i>Dosis de coagulante mg/l</i>	<i>Turbidez (NTU)</i>	<i>Remoción de turbidez %</i>	<i>PH</i>	<i>Color</i>	<i>Temperatura (°c)</i>	<i>Anaranjado de metilo (ml)</i>	<i>Alcalinidad Fenolftaleína</i>		
28 de agosto de 2023	90	3,8	90,995	7,15	< 5,00	27,4	4,9	94	0	0
	120	3,1	92,654	7,38	< 5,00	27,4	4	77	0	0
	150	3	92,891	7,37	< 5,00	27,4	3,1	59	0	0
	180	2,5	94,076	7,32	< 5,00	27,3	2,7	52	0	0
	210	1,6	96,209	7,24	< 5,00	27,3	2	38	0	0
	0	5,2	87,678	7,94	< 5,00	27	6,6	126	0	0